

Aide au choix d'un dispositif de protection sensible

L'Institut national de recherche et de sécurité (INRS)

Dans le domaine de la prévention des risques professionnels, l'INRS est un organisme scientifique et technique qui travaille, au plan institutionnel, avec la CNAMTS, les Carsat, Cramif, CGSS et plus ponctuellement pour les services de l'État ainsi que pour tout autre organisme s'occupant de prévention des risques professionnels.

Il développe un ensemble de savoir-faire pluridisciplinaires qu'il met à la disposition de tous ceux qui, en entreprise, sont chargés de la prévention : chef d'entreprise, médecin du travail, CHSCT, salariés. Face à la complexité des problèmes, l'Institut dispose de compétences scientifiques, techniques et médicales couvrant une très grande variété de disciplines, toutes au service de la maîtrise des risques professionnels.

Ainsi, l'INRS élabore et diffuse des documents intéressant l'hygiène et la sécurité du travail : publications (périodiques ou non), affiches, audiovisuels, multimédias, site Internet...

Les publications de l'INRS sont distribuées par les Carsat. Pour les obtenir, adressez-vous au service Prévention de la caisse régionale ou de la caisse générale de votre circonscription, dont l'adresse est mentionnée en fin de brochure.

L'INRS est une association sans but lucratif (loi 1901) constituée sous l'égide de la CNAMTS et soumise au contrôle financier de l'État. Géré par un conseil d'administration constitué à parité d'un collègue représentant les employeurs et d'un collègue représentant les salariés, il est présidé alternativement par un représentant de chacun des deux collèges. Son financement est assuré en quasi-totalité par la CNAMTS sur le Fonds national de prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles.

Les caisses d'assurance retraite et de la santé au travail (Carsat), la caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France (Cramif) et les caisses générales de sécurité sociale (CGSS)

Les caisses d'assurance retraite et de la santé au travail, la caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France et les caisses générales de sécurité sociale disposent, pour participer à la diminution des risques professionnels dans leur région, d'un service Prévention composé d'ingénieurs-conseils et de contrôleurs de sécurité. Spécifiquement formés aux disciplines de la prévention des risques professionnels et s'appuyant sur l'expérience quotidienne de l'entreprise, ils sont en mesure de conseiller et, sous certaines conditions, de soutenir les acteurs de l'entreprise (direction, médecin du travail, CHSCT, etc.) dans la mise en œuvre des démarches et outils de prévention les mieux adaptés à chaque situation. Ils assurent la mise à disposition de tous les documents édités par l'INRS.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'INRS, de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite.
Il en est de même pour la traduction, l'adaptation ou la transformation, l'arrangement ou la reproduction, par un art ou un procédé quelconque (article L. 122-4 du code de la propriété intellectuelle).
La violation des droits d'auteur constitue une contrefaçon punie d'un emprisonnement de trois ans et d'une amende de 300 000 euros (article L. 335-2 et suivants du code de la propriété intellectuelle).

Aide au choix d'un dispositif de protection sensible

David Tihay, INRS

SOMMAIRE

1 Contexte réglementaire et normatif	4
2 Les équipements de protection sensibles (SPE)	6
2.1. Les équipements de protection électrosensibles	6
2.2. Les équipements de protection sensibles à la pression	6
2.3. Principales caractéristiques des SPE	7
3 Méthode de choix d'un SPE	8
3.1. Analyse préliminaire	8
3.2. Identification du moyen de protection à envisager	8
3.3. Recours à un SPE	8
Annexe 1 : Application de la méthode de choix d'un SPE : le cas d'une fendeuse de bûches	17
1. Analyse préliminaire	18
2. Identification du moyen de protection à envisager	18
3. Recours à un protecteur	18
4. Identification du moyen de protection complémentaire à envisager	19
5. Recours à un SPE	19
Annexe 2 : Fiches techniques des dispositifs de protection sensibles	25
Caractéristiques communes	26
Les dispositifs de protection optoélectroniques	27
1. Les dispositifs de protection optoélectroniques actifs	27
2. Les dispositifs de protection optoélectroniques actifs sensibles aux réflexions diffuses	33
Les dispositifs de protection sensibles à la pression	37
1. Les tapis et planchers sensibles à la pression	37
2. Les barres et bords sensibles à la pression	39
3. Les pare-chocs, plaques et dispositifs analogues sensibles à la pression	41
Les dispositifs de protection par vision	43
1. Les dispositifs de protection par vision (VBPDPP)	43
2. Les dispositifs de protection par vision (VBPDST)	45

Le risque mécanique est indissociable de l'utilisation d'une machine fixe. La mise en place de mesures de prévention peut mener l'utilisateur ou le concepteur à mettre en place des dispositifs de protection sensibles (SPE) soit dès la conception, soit a posteriori sur les machines en service. Ces équipements sont conçus pour détecter des personnes ou des parties de leurs corps pénétrant dans une zone dangereuse.

Barrières immatérielles, scrutateurs laser, tapis ou bords sensibles... De nombreux dispositifs de protection sensibles sont aujourd'hui présents sur le marché. Face à cette diversité et aux évolutions technologiques, l'utilisateur se trouve confronté à la difficulté de choisir le moyen de protection le mieux adapté en fonction de ses contraintes, de ses objectifs et des potentialités offertes par ces équipements.

Afin d'aider les utilisateurs et les concepteurs à choisir une solution adaptée à leur besoin, ce document présente une méthode de choix de ces équipements. Il propose également des informations nécessaires à leur mise en œuvre optimale, selon la structure suivante :

- Présentation de la méthode de choix d'un SPE
- Application de la méthode de choix d'un SPE : le cas d'une fendeuse de bûches (Annexe 1)
- Fiches techniques des dispositifs de protection sensibles (Annexe 2)

1 Contexte réglementaire et normatif

La directive 2006/42/CE [1] fixe des objectifs à atteindre en matière de sécurité au travers des exigences essentielles de santé et de sécurité relatives à la conception et à la construction des machines. Ces exigences, qui sont reprises à l'annexe 1 prévue par l'article R. 4312-1 du Code du travail, s'appliquent, entre autres, aux machines et aux composants de sécurité, parmi lesquels figurent les dispositifs de protection destinés à détecter les personnes. Cette directive formalise également la procédure complète d'évaluation de la conformité de la machine⁽¹⁾. Celle-ci se traduit par une déclaration de conformité CE et par l'apposition d'un marquage CE.

La démarche globale de prévention des risques repose sur le principe d'intégration de la sécurité à la conception « *La machine doit être conçue et construite pour être apte à assurer sa fonction et pour qu'on puisse la faire fonctionner, la régler et l'entretenir sans exposer quiconque à un risque lorsque ces opérations sont accomplies, dans les conditions prévues par le fabricant, mais en tenant également compte de tout mauvais usage raisonnablement prévisible* » (§ 1.1.2. de la directive 2006/42/CE et § 1.1.2 de l'annexe 1 prévue à l'article R. 4312-1 du Code du travail).

Pour atteindre les objectifs fixés par ladite directive, le concepteur dispose d'un certain nombre de normes décrivant des lignes directrices et des orientations techniques à suivre. Certaines sont dites « harmonisées », c'est-à-dire qu'elles sont élaborées par un organisme européen de normalisation sur la base d'un mandat de la Commission européenne. Leur application n'est pas obligatoire mais elles donnent présomption de conformité à la directive machine sur le sujet abordé⁽²⁾. Ces normes ont été élaborées en vue de la conception des équipements de travail et les informations techniques qu'elles contiennent peuvent également aider utilement les utilisateurs en charge de modifications de machines en service.

En particulier, pour éliminer ou réduire les risques, le concepteur ou l'utilisateur devra s'appuyer sur les principes généraux de prévention listés dans l'article L. 4121-2 du Code du travail et pourra, pour cela, utiliser la démarche proposée par la norme NF EN ISO 12100 [3]. Celle-ci repose sur une méthode d'appréciation du risque conduisant, si nécessaire, à une phase de réduction des risques basée sur la mise en œuvre de :

- Mesures de prévention intrinsèque : éliminer ou réduire les risques dans la mesure du possible par intégration de la sécurité à la conception et à la construction de la machine.
- Moyens de protection : prendre les mesures de protection nécessaires vis-à-vis des risques ne pouvant être éliminés.

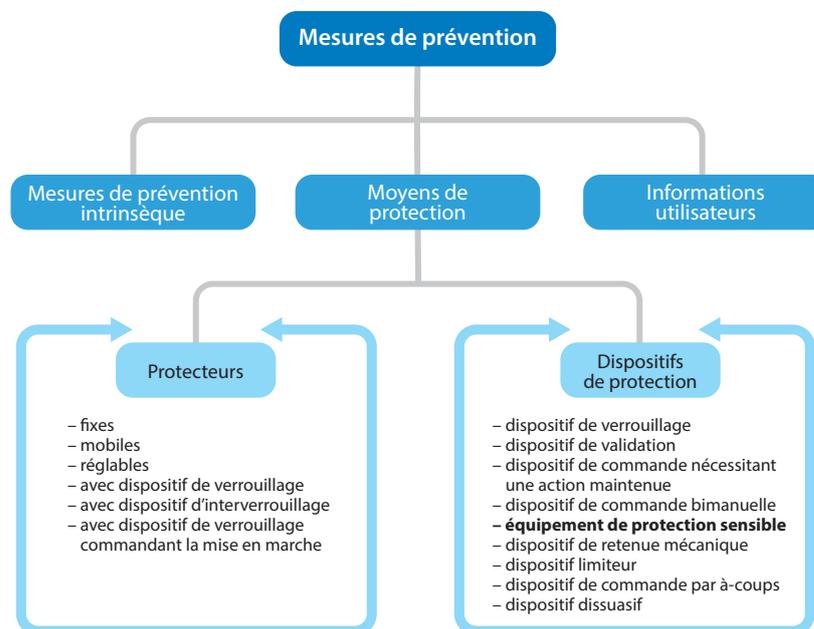


Figure 1. Inventaire des mesures de prévention

1. Selon la directive 2006/42/CE, le terme « machine » désigne également les composants de sécurité.

2. La liste des normes harmonisées au titre de la directive machine 2006/42/CE est disponible sur le site Internet EUROPA [2].

- Informations des utilisateurs: les informer des risques résiduels dus à l'efficacité incomplète des mesures de protection adoptées, indiquer si une formation particulière est requise et signaler s'il est nécessaire de prévoir un équipement de protection individuelle.

Dans l'hypothèse où le recours à un moyen de protection s'avère nécessaire, l'utilisateur ou le concepteur pourra, entre autres, mettre en œuvre un équipement de protection sensible.

La méthode proposée s'inscrit dans la démarche globale de réduction des risques telle que suggérée par la norme NF EN ISO 12100.

Préalablement à cette démarche, la méthode propose une phase d'analyse qui devrait permettre à l'utilisateur ou au concepteur de bénéficier du retour d'expérience pouvant exister dans son domaine d'activité. Puis, dans un second temps, lorsque la démarche de réduction des risques conduit l'utilisateur ou le concepteur à recourir à un moyen de protection, la méthode propose de le guider dans son choix.

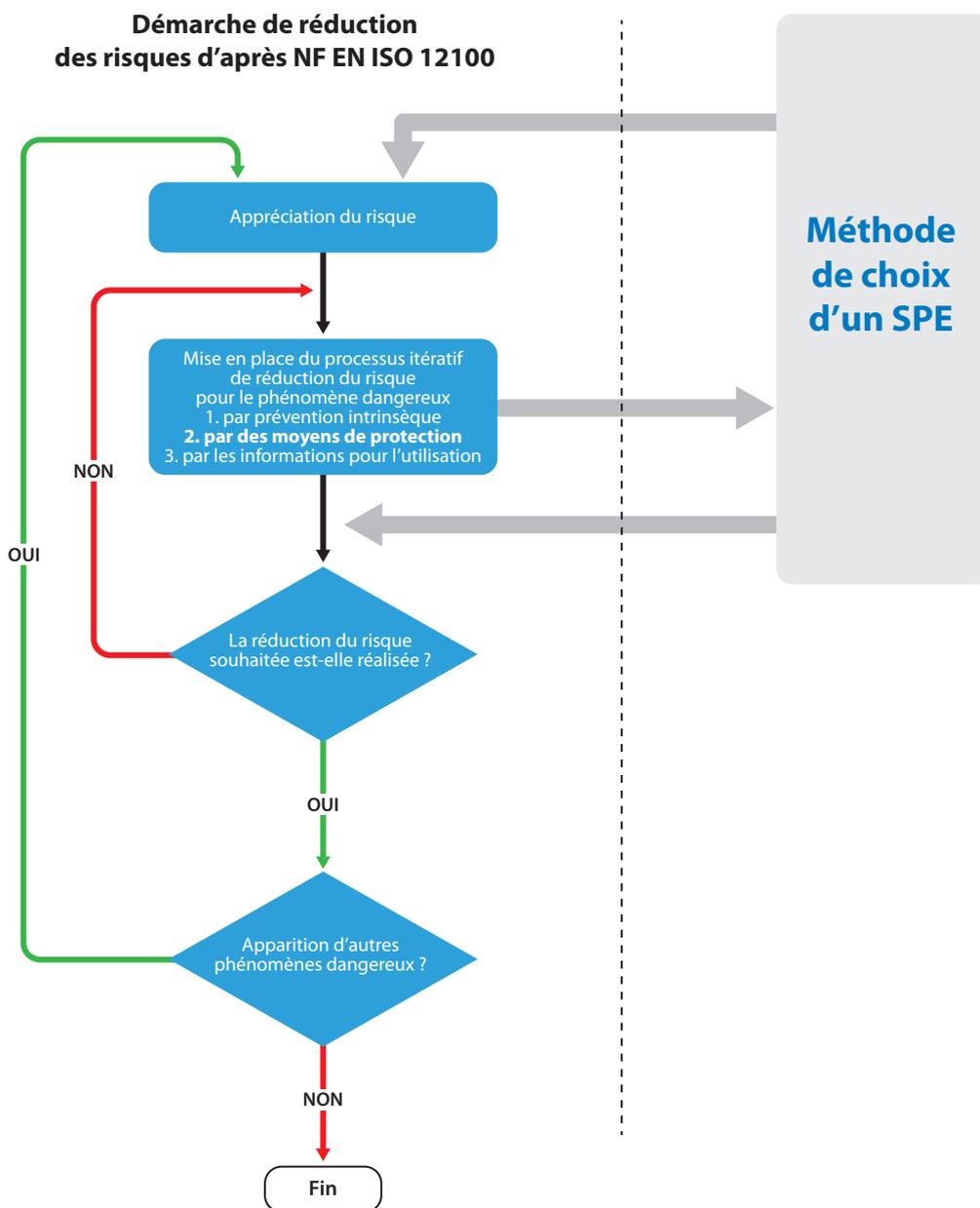


Figure 2. Positionnement de la méthode proposée dans la démarche de réduction des risques

2 Les équipements de protection sensibles (SPE)

Les équipements de protection sensibles (SPE : *Sensitive Protective Equipment*) sont des équipements conçus pour détecter des personnes ou des parties de leurs corps qui envoient au système de commande un signal destiné à arrêter le mouvement dangereux, permettant ainsi de réduire le risque auquel sont exposées les personnes détectées. En tant que dispositifs de détection de personnes, ils sont listés à l'annexe IV de la directive 2006/42/CE et à l'article R. 4313-78 du Code du travail. En conséquence, s'ils sont mis isolément sur le marché, ces composants de sécurité sont soumis aux procédures d'évaluation de la conformité définies aux points 3 et 4 de l'article 12 de ladite directive et aux articles R. 4313-76 et R. 4313-77 du Code du travail.

Selon la nature de la technologie mise en œuvre pour assurer la détection, ces équipements peuvent être électrosensibles ou sensibles à la pression.

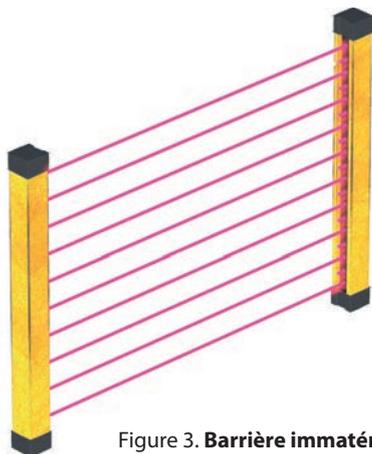


Figure 3. Barrière immatérielle

2.1 Les équipements de protection électrosensibles

Les équipements de protection électrosensibles (ESPE : *Electro Sensitive Protective Equipment*) sont définis comme suit dans la norme NF EN ISO 61496-1 [4] « ensemble de dispositifs et/ou de composants travaillant conjointement pour obtenir un déclenchement de protection ou une détection de présence comprenant au minimum :

- un dispositif de détection,
- des dispositifs de commande/surveillance,
- des dispositifs de commutation du signal de sortie. »

À ce jour, différentes technologies sont mises en œuvre pour réaliser ce type d'équipements. Il existe des dispositifs basés sur des principes d'optoélectronique, tels que les barrières immatérielles ou les scrutateurs laser (voir figures 3 et 4). D'autres mettent en œuvre des principes de détection par vision basés sur des algorithmes de traitement d'image (voir figure 5).

2.2 Les équipements de protection sensibles à la pression

Ces équipements sont composés d'un ou de plusieurs capteurs, qui génèrent un signal lorsqu'une pression est appliquée sur une partie de sa surface extérieure, et d'une unité de commande qui répond au signal du capteur et génère un ou des signaux de sortie. Ils peuvent être déclinés sous plusieurs formes : bords, barres, tapis, planchers... (voir figure 6). Sur ce type d'équipement, la détection de présence se traduit par une déformation du capteur qui est généralement détectée par mesure de résistance.



Figure 4. Scrutateur laser

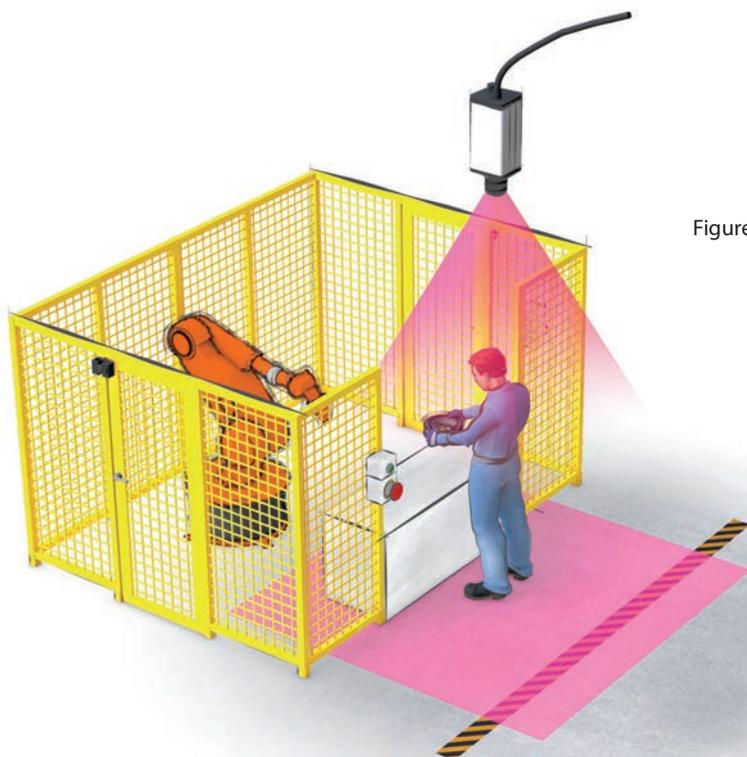


Figure 5. Dispositif de détection par vision

2.3 Principales caractéristiques des SPE

La documentation technique relative à un équipement de protection sensible recense un nombre important de caractéristiques.

Les principales sont :

- Les caractéristiques fonctionnelles : elles précisent la fonction assurée par l'équipement, la nature et la taille des objets détectés, les dimensions de la zone de détection...
- Les caractéristiques électriques : elles définissent la tension d'alimentation, la consommation électrique, la présence éventuelle de bus de sortie...
- Les caractéristiques environnementales : elles spécifient les conditions d'utilisation pour lesquelles l'équipement est prévu en termes de tenue à la température, à l'humidité, aux vibrations...
- Les caractéristiques de sécurité : elles attribuent un niveau de sécurité des équipements de protection sensibles, quantifié par un niveau de performance (PL) compris entre « a » et « e » ou un niveau d'intégrité de sécurité (SIL) compris entre 1 et 3.

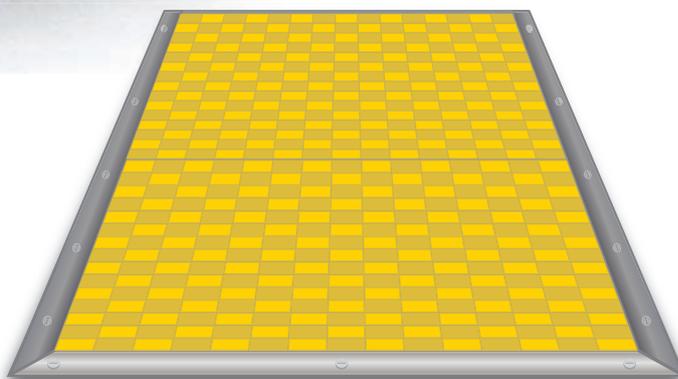


Figure 6. Exemple de dispositif de protection sensible à la pression

La norme NF EN ISO 61496-1 définit trois types d'équipements qui diffèrent par leur performance en présence de défauts et sous influences environnementales : type 2, 3 ou 4. Cette même norme établit la relation entre cette classification par type et celles par PL ou par SIL respectivement définies par les normes ISO 13849-1 et CEI 62061 relatives aux circuits de commande. Par exemple, un ESPE de type 2 permet d'atteindre au maximum un PL = c ou SIL = 1 (voir tableau 1).

	Type			
	1	2	3	4
PL ou SIL maximal pouvant être obtenu par l'ESPE	N/A	SIL 1 et/ou PL c	SIL 2 et/ou PL d	SIL 3 et/ou PL e

PL : niveau de performance – SIL : niveau d'intégrité de sécurité – ESPE : dispositif de protection électrosensible

Tableau 1

3 | Méthode de choix d'un SPE

Le recours à un équipement de protection sensible s'inscrit dans le cadre d'une démarche globale de réduction du risque (voir figure 7).

La méthode proposée recouvre plusieurs étapes.

3.1 Analyse préliminaire

Cette étape, préliminaire à toute démarche de réduction des risques, consiste à prendre en compte les référentiels existants sur le type de machine concerné. Il pourra s'agir de normes de type C, mais également de tout autre document de référence en vigueur comme les notes techniques ministérielles, les recommandations de la CNAMTS et les documents édités par les organismes de prévention dans lesquels il sera possible de trouver des préconisations relatives à la mise en sécurité de la machine. À titre d'exemple, pour les presses plieuses, il existe une norme de type C (NF EN 12622 [5]) et un guide de rénovation publié par l'INRS sous la référence ED 927 [6].

- S'il existe un référentiel, il est préconisé de suivre les recommandations mentionnées. Dans l'hypothèse où la solution envisagée dans le référentiel repose sur la mise en œuvre d'un équipement de protection sensible (SPE), l'utilisateur ou le concepteur peut s'appuyer sur les recommandations évoquées dans ce document quant à la sélection d'un tel dispositif.
- Si aucun référentiel n'a été recensé ou que les solutions envisagées ne sont pas compatibles avec le besoin, l'utilisateur ou le concepteur doit donc s'orienter vers une démarche classique de réduction des risques et s'appuyer pour cela sur la norme NF EN ISO 12100 avant de recourir à la méthode de choix qui le mènera, tout d'abord, à identifier un moyen de protection approprié.

Le cas du protecteur

Si l'identification du moyen de protection à envisager conduit l'utilisateur ou le concepteur à la mise en œuvre d'un protecteur, il convient de s'assurer que celui-ci ne génère pas de risques nouveaux, en particulier lorsqu'il s'agit de protecteurs mobiles (pincement, écrasement ou cisaillement). Si des risques nouveaux apparaissent, il convient de les traiter par la mise en œuvre d'autres moyens de protection tels que les dispositifs de protection sensibles à la pression [7]. Si ce n'est pas le cas, généralement lorsque le protecteur envisagé est fixe, l'utilisateur ou le concepteur peut procéder à sa mise en œuvre conformément aux prescriptions de la norme NF EN ISO 14120 [8].

3.2 Identification du moyen de protection à envisager

Cette étape doit permettre de choisir la solution la plus adaptée entre un protecteur et un dispositif de protection sensible [7]. Elle implique en premier lieu de vérifier si le risque traité est dû aux éléments mobiles de transmission. Si tel est le cas, il est préférable de recourir à un protecteur puis de s'interroger sur la possibilité de rendre ces éléments mobiles partiellement ou intégralement inaccessibles.

Si d'autres risques dus à des projections, des rayonnements ionisants ou encore à une source de chaleur existent, le recours à un protecteur spécifique doit être envisagé. En effet, les équipements de protection sensibles n'offrent aucune protection vis-à-vis de ces risques.

Enfin, avant tout recours à un SPE, il est nécessaire de s'assurer que le mouvement dangereux peut être arrêté pendant un cycle. Si non, il convient de recourir à un protecteur.

3.3 Recours à un SPE

Préalablement au choix d'un SPE, il faut définir la fonction de sécurité auquel il contribue puis déterminer le niveau de sécurité requis (PL ou SIL) pour celle-ci. L'utilisateur ou le concepteur doit s'appuyer ensuite sur les normes NF EN ISO 13849-1 [9] ou NF EN 62061 [10] afin de déterminer le niveau de sécurité requis pour l'équipement de protection sensible en question. Pour cela, d'autres documents tels que les notes scientifiques NS 302 [11] et NS 305 [12] peuvent aussi être utiles.

3.3.1 Spécification du besoin

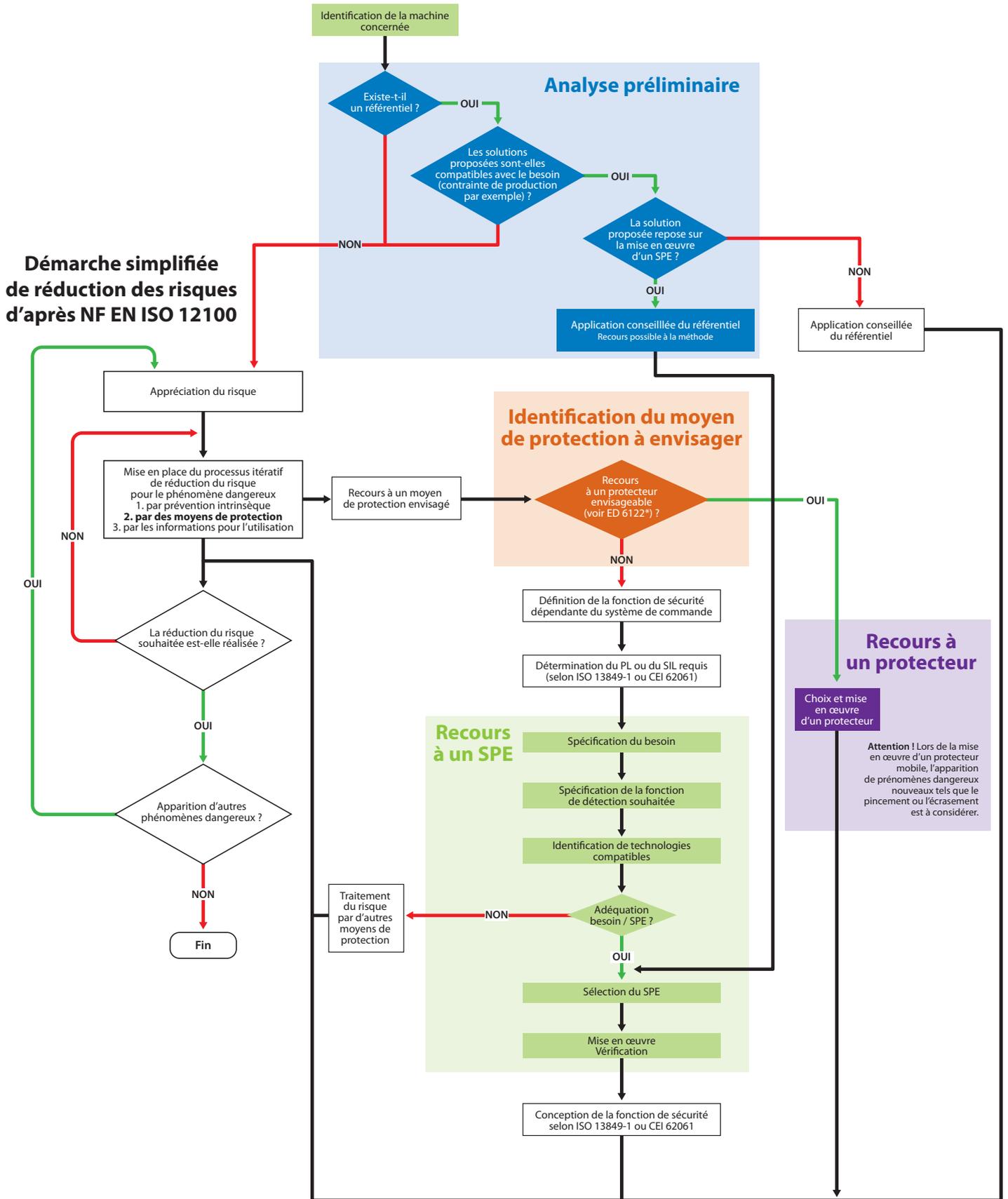
Il n'existe pas d'équipement de protection sensible universel, il est donc important de spécifier précisément le besoin en vue de choisir le dispositif le mieux adapté. Pour cela, l'utilisateur peut mettre en œuvre une démarche de questionnement visant à définir certaines caractéristiques de la machine, les conditions d'utilisation envisagées ainsi que les contraintes associées.

Il est également nécessaire d'envisager toutes les phases de vie de la machine (maintenance, réglage...). Certaines contraintes ou exigences ne sont, en effet, spécifiques qu'à une phase de vie en particulier. Si l'état de l'art ne permet pas d'identifier un dispositif de protection répondant à toutes les contraintes de départ, il peut être nécessaire de spécifier à nouveau le besoin, voire de recourir à d'autres mesures de prévention. Le choix d'un dispositif résulte donc d'un processus itératif.

Détermination du mouvement dangereux

Pour chacun des risques identifiés sur la machine, l'utilisateur doit spécifier :

- les pièces en mouvement à l'origine du risque,
- la nature des mouvements dangereux (translation, rotation...),



* Sécurité des équipements de travail. Prévention des risques mécaniques. ED 6122, INRS

Figure 7. Méthode de choix d'un SPE

– les phases dangereuses des mouvements (la phase de retour en position repos d'un outil peut aussi générer un risque). Il faut également s'assurer que le mouvement dangereux identifié peut être arrêté pendant un cycle, – le temps d'arrêt de la machine. Il définit la durée maximale nécessaire pour mettre fin au mouvement dangereux de la machine après que le signal de sortie transmis par le moyen de protection est passé à l'état inactif. Si cette valeur n'est pas communiquée par le fournisseur de la machine, elle devra être calculée ou mesurée dans la situation la plus défavorable.

Remarque : Plus le temps d'arrêt de la machine est important, plus la distance séparant l'opérateur de la zone dangereuse devra être grande. Le recours à un SPE n'est donc envisageable que si cette distance est compatible avec l'usage attendu de la machine.

Caractérisation de la zone dangereuse et de l'accès

La zone dangereuse (voir figure 8) est définie comme l'espace dans lequel une personne peut être exposée au risque envisagé. Il est nécessaire de définir :

- sa géométrie,
- ses caractéristiques dimensionnelles,
- son positionnement dans l'espace.

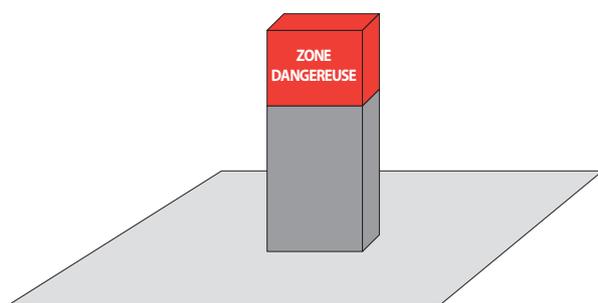


Figure 8. Exemple de caractérisation de zone dangereuse

La définition de la zone dangereuse n'est pas suffisante. Il faut également caractériser le ou les accès possibles à cette zone (voir figure 9) :

- leur nombre,
- leur(s) géométrie(s),
- leur(s) caractéristique(s) dimensionnelle(s),
- leur(s) positionnement(s) dans l'espace.

Définition du contexte d'utilisation de la machine

Le choix d'un dispositif de protection sensible dépend évidemment de la machine, mais aussi des conditions d'implantation et d'utilisation. L'utilisation d'une machine se traduit par des phases de production, mais également par d'autres phases de vie (maintenance, déplacement de la machine...). Il est donc nécessaire d'envisager les rubriques suivantes dans toutes les phases de vie et de prendre en compte les éléments suivants :

- contraintes liées à la productivité (temps d'approvisionnement, par exemple),
- contraintes liées à l'ergonomie (facilité d'approvisionnement de la machine par l'opérateur, par exemple),
- fréquence d'accès à la zone dangereuse,
- types d'approches possibles (direction par laquelle l'opérateur peut approcher la zone dangereuse),
- discrimination homme/objet (si l'accès est utilisé pour l'approvisionnement des pièces, faut-il les différencier de l'homme ?),
- projections de matières non dangereuses pouvant potentiellement provoquer des détections intempestives,
- caractéristiques organisationnelles (accès à la machine libre ou limité à certaines personnes, salariés porteurs d'équipements spécifiques, par exemple des gilets réfléchissants).

Définition des contraintes environnementales

La fonctionnalité d'un dispositif de protection sensible peut être influencée par l'environnement dans lequel il est utilisé. Il est donc important de caractériser l'environnement de la machine dans toutes ses phases de vie. En effet, certaines contraintes peuvent être spécifiques à une phase de vie : l'étanchéité lors de phases de nettoyage, la résistance aux vibrations lors du transport...

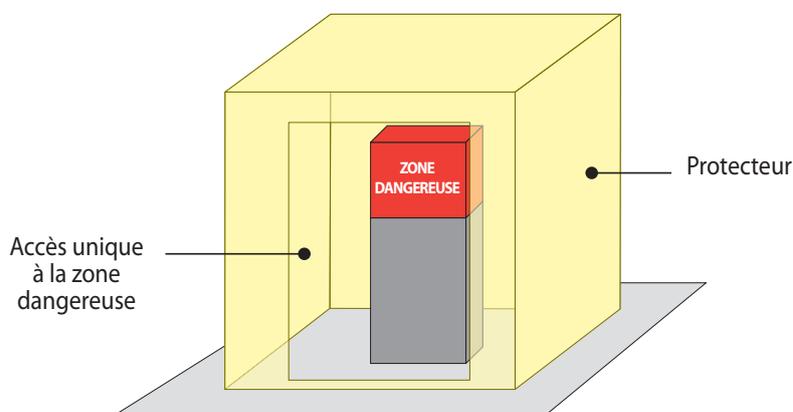


Figure 9. Exemple de caractérisation d'accès à la zone dangereuse

Les éléments suivants sont à prendre en considération :

- caractérisation de l'environnement de travail (utilisation en intérieur ou en extérieur, à découvert ou sous abri ?),
- gamme de température,
- conditions de visibilité (présence de poussières dans l'air, par exemple),
- conditions de luminosité,
- contraintes d'étanchéité,
- contraintes vibratoires,
- résistance aux chocs,
- présence de contraintes électromagnétiques spécifiques à l'environnement,
- nature des sols du lieu d'implantation : il peut s'agir de la planéité des sols mais également de leur couleur et de leur structure (marquage au sol, caillebotis...),
- présence d'obstacles pouvant potentiellement perturber le fonctionnement du SPE,
- contraintes dues à une exposition à des produits corrosifs non dangereux pour l'homme,
- résistance mécanique aux rayures, à l'arrachement, à l'écrasement...

3.3.2 Spécification de la fonction de détection souhaitée

Cette étape propose d'élaborer une synthèse des éléments recueillis au cours des étapes de spécification précédentes, en vue d'identifier la fonction de détection nécessaire à la réduction du risque traité. Celle-ci est caractérisée par :

- l'objet de la détection : présence ou franchissement,
- la partie du corps à détecter : doigt, main, bras, jambe, partie du corps ou corps entier.

Les principaux facteurs à prendre en compte pour spécifier la fonction souhaitée sont mentionnés sur la figure 10.

Définition de la zone d'évolution de l'opérateur

Il faut tout d'abord définir la zone dans laquelle l'opérateur ou les tierces personnes seront amenés à se trouver dans la phase de vie envisagée. Pour cela, il est nécessaire de prendre en compte les contraintes en termes de productivité, d'ergonomie, de fréquence d'accès, de lieu d'implantation et les performances d'arrêt de la machine.

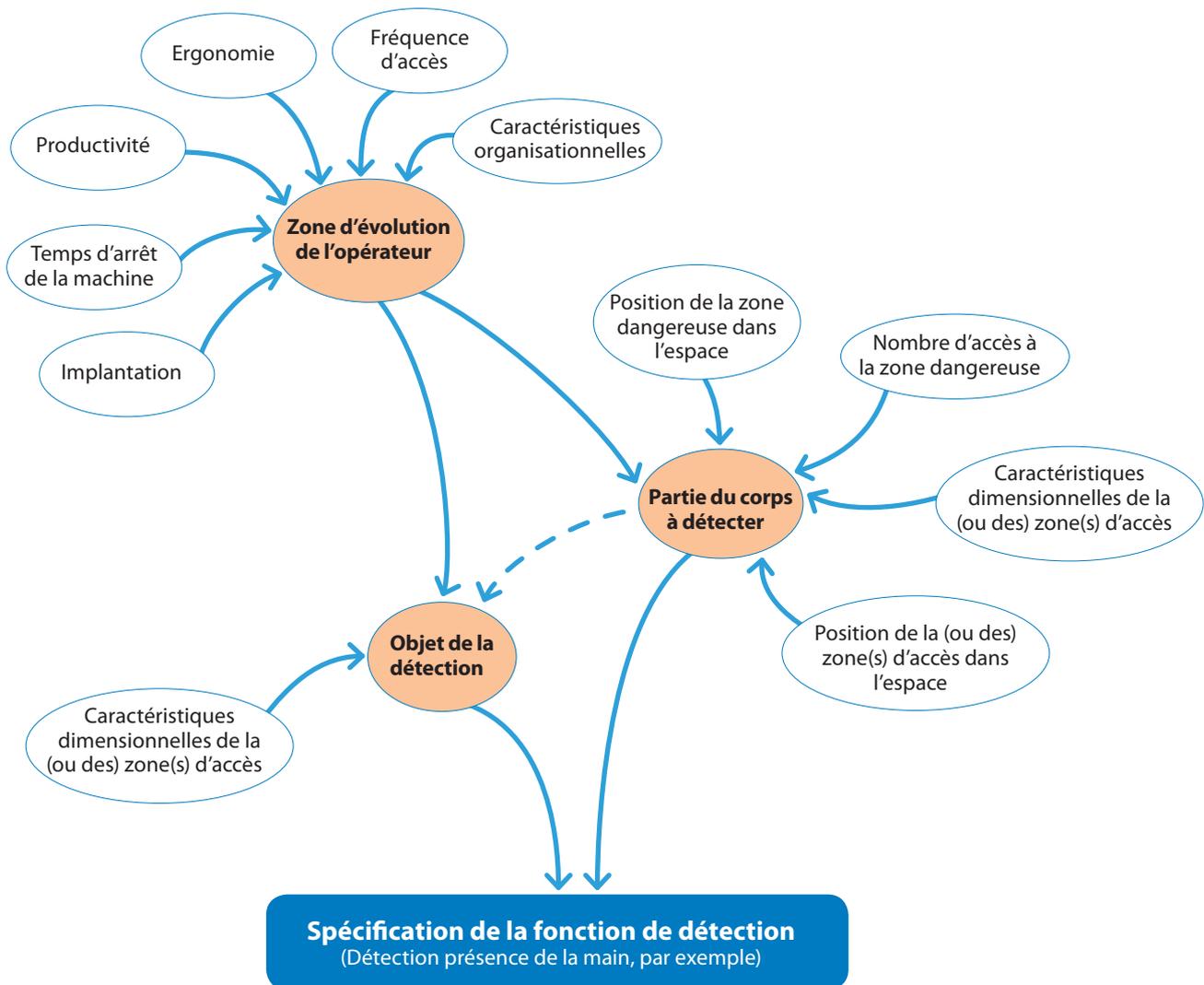


Figure 10. Facteurs déterminant la fonction de détection

Les figures 11 et 12 illustrent différentes zones d'évolution de l'opérateur représentées en jaune sur les deux exemples.

Pour éviter d'aboutir à l'absence de solution ou à une solution trop complexe et trop coûteuse, la définition de la zone d'évolution souhaitée pour l'opérateur doit rester cohérente avec l'état de l'art des technologies. Il n'est pas pertinent d'envisager une proximité immédiate de l'opérateur et de la zone dangereuse dans le cas où la machine présente un temps d'arrêt particulièrement élevé.

Identification de la partie du corps à détecter

Pour identifier la partie du corps à détecter, il est d'abord nécessaire de référencer les parties du corps susceptibles d'atteindre la zone dangereuse. Pour cela, plusieurs caractéristiques sont à confronter (voir figure 10).

Les positions relatives des différentes zones (zone dangereuse, zone d'évolution et des accès possibles) permettent notamment d'identifier les parties du corps susceptibles d'atteindre la zone dangereuse. Les caractéristiques dimensionnelles de la zone d'accès pourront, dans certains cas, restreindre l'accès à certaines parties du corps. On peut envisager, par ordre de taille croissante, les parties

du corps suivantes : doigt, main, bras ou jambe ou partie du corps et corps. Les données anthropométriques contenues dans la norme NF EN 547-3 [13] serviront de référence et permettront, compte tenu des positions relatives des différentes zones, de déterminer la partie du corps à détecter.

Identification de l'objet de la détection

Compte tenu des informations recueillies et celles préalablement déterminées, une réflexion est ensuite engagée pour confirmer l'objet de la détection : présence ou franchissement.

Dans le cas d'une détection de présence, les signaux de sortie du dispositif de détection deviennent inactifs dès lors que la personne, ou une partie de son corps, se trouve dans la zone dangereuse. Il est donc possible d'interdire toute mise en marche intempestive ou inattendue tant que la présence dans la zone dangereuse est confirmée.

Dans le cas d'une détection de franchissement, les signaux de sortie du dispositif de détection deviennent inactifs au moment du franchissement de la zone d'accès par la personne ou partie de son corps. Par la suite, la présence de la personne dans la zone dangereuse n'est plus surveillée.

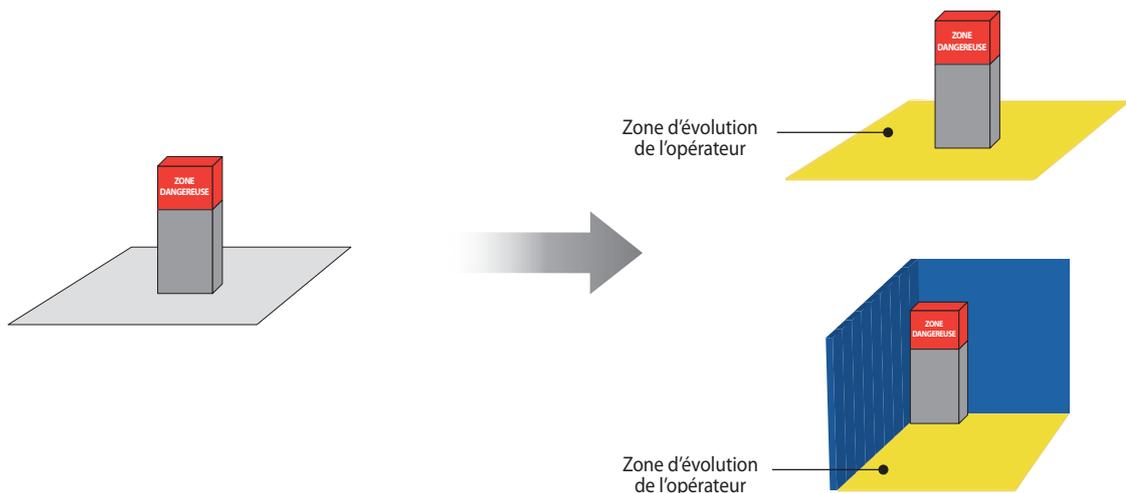
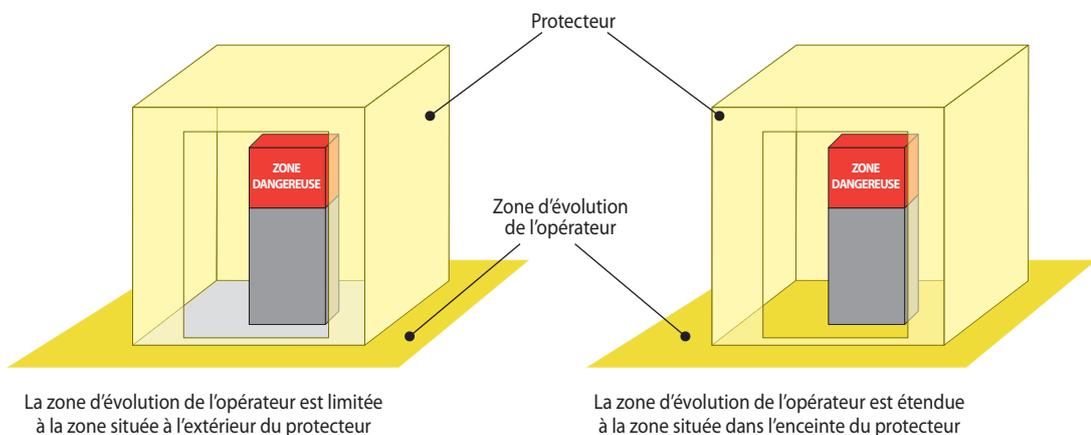


Figure 11. Exemple de zones d'évolution possibles



La zone d'évolution de l'opérateur est limitée à la zone située à l'extérieur du protecteur

La zone d'évolution de l'opérateur est étendue à la zone située dans l'enceinte du protecteur

Figure 12. Exemple de zones d'évolution possibles

Dans le cadre du choix d'un équipement de protection sensible, l'objet de la détection se limitera à la présence ou au franchissement. Lorsque la partie du corps à détecter est le doigt, la main, le bras ou une partie du corps, on considère que l'objet de la détection sera toujours la présence. En effet, dès lors que le doigt (ou une autre partie du corps) franchit une zone d'accès, une autre partie du corps (ou le corps entier) sera à son tour présent dans la zone.

3.3.3 Identification des technologies compatibles avec le besoin

Sur la base de la fonction de détection identifiée précédemment, l'objectif est, tout d'abord, d'identifier par un principe d'élimination, la ou les technologies les mieux adaptées au besoin (voir tableau 2). Deux critères principaux sont pris en compte pour élaborer cet inventaire :
 – l'aptitude de la technologie à assurer une détection de franchissement ou de présence,
 – la capacité de détection revendiquée par l'équipement de protection sensible: taille du plus petit objet détectable en tout point de la zone de détection (cas des dispositifs optoélectroniques), force d'actionnement (dispositifs sensibles à la pression).

La prise en compte de l'état de la technique et de l'état de l'art en matière d'équipements de protection sensibles permet de dresser un inventaire des technologies compatibles, à ce jour, avec chacune des fonctions de détection envisageables.

Certains dispositifs pouvant présenter, selon les modèles, des capacités de détection différentes, il faudra s'assurer que le dispositif retenu est bien compatible avec le besoin.

3.3.4 Vérification de l'adéquation entre le besoin et les technologies compatibles

Avant de finaliser le choix de l'équipement de protection sensible, il est nécessaire de s'assurer que les technologies sont compatibles avec le besoin. Pour cela, la méthode propose de vérifier deux points essentiels quant aux caractéristiques des technologies :

- Le temps de réponse. À ce stade, il convient de s'assurer que les temps de réponse revendiqués par les technologies envisagées sont compatibles avec la distance séparant l'opérateur de la zone dangereuse et, conséquemment, avec le positionnement envisagé pour le SPE. Pour cela, l'utilisateur pourra s'appuyer sur la norme NF EN ISO 13855 [14] dans laquelle sont détaillées les formules nécessaires au calcul de la distance de sécurité.
- Le niveau de performance de sécurité. Il est nécessaire de vérifier que le niveau de sécurité ou de performance proposé par les technologies, identifiées comme potentiellement envisageables, est bien compatible avec la réalisation de la fonction de sécurité.

Compte tenu de l'état actuel de la technique, les niveaux de performance classiquement rencontrés sont les suivants :

Niveau de performance	ESP
PLc, SIL 1 (type 2 pour les ESPE)	AOPD, AOPDDR, VBPD, équipement de protection sensible à la pression
PLd, SIL 2 (type 3 pour les ESPE)	AOPDDR, VBPD, VBPDST, équipement de protection sensible à la pression
PLe, SIL 3 (type 4 pour les ESPE)	AOPD

Fonction de détection	Technologies						
	AOPD ¹	AOPD ²	AOPDDR	VBPD	VBPDST	Tapis ou plancher sensible	Plaque sensible
Présence (ou franchissement) →Doigt	✓						✓
Présence (ou franchissement) →Main	✓		✓	✓			✓
Présence (ou franchissement) →Bras, jambes ou parties du corps	✓		✓	✓	✓		✓
Présence →Corps entier	✓		✓		✓	✓	
Franchissement →Corps entier	✓	✓	✓	✓			

AOPD¹: Active Optoelectronic Protective Device (barrière immatérielle) • AOPD²: Active Optoelectronic Protective Device (cellule monofaisceau ou multifaisceaux) • AOPDDR: Active Optoelectronic Protective Device responsive to Diffuse Reflection (scrutateur laser) • VBPD: Video Based Protective Device (dispositif de protection par vision) • VBPDST: Video Based Protective Device using Stereo vision Techniques (caméra utilisant des techniques de stéréo-vision)

Tableau 2

En cas d'incompatibilité d'une des caractéristiques (temps de réponse ou niveau de performance), l'utilisateur ou le concepteur devra envisager :

- de redéfinir le besoin en réduisant ou en modifiant ses exigences (éloignement du dispositif de la zone dangereuse, réduction de la zone d'évolution de l'opérateur...),
- d'apporter des modifications à la machine en vue de réduire son temps d'arrêt,
- de recourir à d'autres dispositifs de protection. Il sera, dans ce cas, nécessaire de s'assurer que le dispositif retenu assure la sécurité de l'opérateur mais également celle des tierces personnes.

Si une (ou plusieurs) technologie(s) sont compatibles, l'utilisateur ou le concepteur pourra envisager de passer à l'étape suivante, au cours de laquelle il sera amené à sélectionner le dispositif qui convient le mieux à son besoin.

3.3.5 Sélection de l'équipement

Pour identifier le modèle le mieux adapté, l'utilisateur ou le concepteur doit confronter chacun des besoins qu'il a exprimé aux caractéristiques de chaque équipement compatible. Le nombre de caractéristiques étant élevé, il peut être nécessaire de les prioriser en prenant en compte les spécificités de chacune des situations traitées. À titre d'exemple, il est possible d'envisager des cas pour lesquels les caractéristiques dimensionnelles du dispositif ou bien les caractéristiques électriques s'avèrent primordiales.

Les principales caractéristiques à prendre en considération sont les suivantes :

- Les caractéristiques fonctionnelles, comme la géométrie et la taille de la zone de détection, la capacité de détection et le temps de réponse. Selon la technologie envisagée, ces caractéristiques peuvent être très variables. Il est donc nécessaire de s'assurer que la zone couverte par l'équipement sera suffisante pour interdire tout accès à la zone dangereuse. Il faut prévoir, le cas échéant, des moyens de protection complémentaires vis-à-vis de ces accès.
- Les caractéristiques dimensionnelles et d'implantation. Malgré une miniaturisation importante des dispositifs, certains présentent des caractéristiques dimensionnelles qui s'avèrent parfois incompatibles avec certaines applications. La même réflexion doit être engagée concernant les consignes d'installation du dispositif qui doivent être compatibles avec la situation de travail (hauteur d'installation, orientation du dispositif...).
- Les caractéristiques d'interfaçage. Elles comprennent les caractéristiques électriques (niveau de tension, puissance de sortie...) et les interfaces de sortie (protocole de communication, connectique...). Elles permettent de s'assurer de la compatibilité entre les différents éléments qui constituent la fonction de sécurité (dispositif de détection, système de commande...).
- Les caractéristiques environnementales. Il s'agit, par exemple, de l'environnement physique de travail (utilisation en intérieur ou en extérieur, à découvert ou sous abri), de la gamme de température, des conditions de visibilité (présence de particules dans l'air comme des poussières), des conditions de luminosité, des contraintes d'étanchéité, des contraintes vibratoires, de la résistance

aux chocs, de la présence de contraintes électromagnétiques spécifiques à l'environnement, de la nature des sols du lieu d'implantation. Il peut aussi s'agir de la planéité, de la couleur et de la structure des sols (marquage au sol, caillebotis...), mais également de contraintes dues à une exposition du dispositif à des produits corrosifs (non dangereux pour l'homme), de sa résistance mécanique aux rayures, à l'arrachement, à l'écrasement...

- Les modes de fonctionnement spécifiques. La plupart des dispositifs de protection sensibles évoqués précédemment proposent des fonctionnalités ou modes de fonctionnement supplémentaires. On peut citer notamment le masquage (fonction optionnelle aussi appelée « blanking », permettant d'inhiber la détection d'un ou plusieurs faisceaux) ou la résolution réduite (fonction optionnelle permettant de modifier la sensibilité du dispositif) dans le cas des barrières immatérielles, par exemple. Il est à noter que certaines de ces fonctionnalités peuvent avoir un impact sur les caractéristiques de détection du dispositif, comme une augmentation du temps de réponse ou encore une altération de la capacité de détection.

La liste ci-dessus n'est pas exhaustive. Si la situation envisagée présente des spécificités ou des contraintes particulières, d'autres caractéristiques, devenant prépondérantes dans ce cas, pourront être examinées.

3.3.6 Mise en œuvre/Vérification

La pertinence du choix de l'équipement de protection sensible dans la réalisation d'une fonction de sécurité est indéniable, mais elle n'est pas suffisante. Sa mise en œuvre est elle aussi un facteur important à ne pas négliger. Elle doit se faire conformément à la notice d'instructions fournie par le fabricant et respecter les principes généraux de conception.

Il est ainsi nécessaire de procéder à quelques vérifications élémentaires afin d'éviter les principales erreurs de mise en œuvre.

- La distance de sécurité nécessaire entre l'équipement et le point le plus proche de la zone dangereuse doit être respectée et compatible avec les performances de mise à l'arrêt de l'ensemble du système.
- L'accès à la zone dangereuse n'est possible qu'à travers la zone de détection de l'équipement de protection sensible. Il n'existe aucune zone morte non protégée ou aucun angle mort permettant d'approcher de la zone dangereuse au-delà de la distance de sécurité. Il n'existe aucune zone non protégée dans laquelle une personne pourrait se trouver entre la zone dangereuse et le dispositif de protection.
- La détection est assurée sur toute la zone et la capacité de détection effective est bien celle attendue.
- Les fonctionnalités mises en œuvre sont opérationnelles et répondent au besoin spécifié. Les fichiers de configuration ainsi que les rapports de configuration doivent être vérifiés et sauvegardés.
- Les aménagements nécessaires au bon fonctionnement ou à la protection de l'équipement doivent être mis en place. Par exemple, la mise en place de protecteur visant à éviter les chocs contre l'équipement.

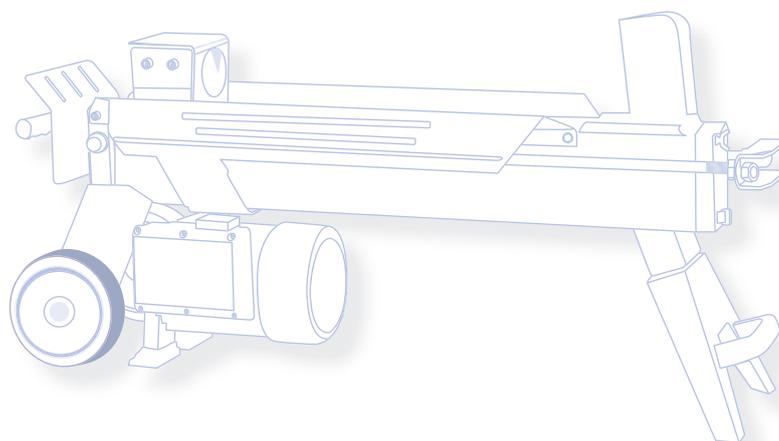
Cette liste n'est pas exhaustive : d'autres vérifications supplémentaires seront à effectuer en fonction des situations et du dispositif envisagé, par exemple le respect de la hauteur d'installation dans le cas de la mise en œuvre d'un dispositif de détection par vision.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Directive 2006/42/CE du Parlement européen et du Conseil du 17 mai 2006 relative aux machines et modifiant la directive 95/16/CE (refonte). *Journal Officiel de l'Union européenne*, n° L157 du 9 juin 2006, 63 p.
- [2] European harmonized standards for machinery (consulté le 06/04/2017). https://ec.europa.eu/growth/single-market/european-standards/harmonised-standards/machinery_en
- [3] NF EN ISO 12100 – Sécurité des machines. Principes généraux de conception. Appréciation du risque et réduction du risque. AFNOR, 2010, 93 p.
- [4] NF EN 61496-1 – Sécurité des machines. Équipements de protection électrosensibles. Partie 1 : Prescriptions générales et essais. AFNOR, 2014, 61 p.
- [5] NF EN 12622 – Sécurité des machines-outils. Presses plieuses hydrauliques. AFNOR, 2010, 64 p.
- [6] Gillot J., Baudoin J., Bello J.P., Blaise J.-C. – Presses plieuses hydrauliques pour le travail des métaux. Amélioration de la sécurité sur les machines en service dans le cadre de leur rénovation. Spécifications techniques à l'usage des utilisateurs, des préventeurs et des rénovateurs. INRS, ED 927, 2010, 67 p.
- [7] Blaise J.-C., Daille-Lefevre B., Lupin H., Marsot J., Welitz G. – Sécurité des équipements de travail. Prévention des risques mécaniques. INRS, ED 6122, 2012, 84 p.
- [8] NF EN ISO 14120 – Sécurité des machines. Protecteurs. Prescriptions générales pour la conception et la construction des protecteurs fixes et mobiles. AFNOR, 2016, 54 p.
- [9] NF EN ISO 13849-1 – Sécurité des machines. Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité. Partie 1 : Principes généraux de conception. AFNOR, 2008, 103 p.
- [10] NF EN 62061 – Sécurité des machines. Sécurité fonctionnelle des systèmes de commande électriques, électroniques et électroniques programmables relatifs à la sécurité. AFNOR, 2005, 106 p.
- [11] Baudoin J., Bello J.P. – Aborder la norme NF EN ISO 13849-1 via la conception d'une fonction de sécurité basique. INRS, NS 302, 2013, 58 p.
- [12] Baudoin J., Bello J.P. – Exemple didactique d'application de la norme NF EN 62061. INRS, NS 305, 2013, 99 p.
- [13] NF EN 547-3+A1 – Sécurité des machines. Mesures du corps humain. Partie 3 : Données anthropométriques. AFNOR, 2008, 14 p.
- [14] NF EN ISO 13855 – Sécurité des machines. Positionnement des moyens de protection par rapport à la vitesse d'approche des parties du corps. AFNOR, 2010, 51 p.

ANNEXE 1

**Application de la méthode de choix d'un SPE :
le cas d'une fendeuse de bûches**



L'utilisation des fendeuses de bûches (voir figure 13) pose des questions quant à la sécurité des opérateurs qui les utilisent. Lors de la phase de chargement, l'opérateur positionne manuellement la bûche sur un plateau mobile en

vue de sa découpe. Elle est ensuite amenée en contact avec le coin de fendage qui la sépare en plusieurs morceaux.

Compte tenu de la dangerosité de ce type de machine et de l'absence de recommandation dans la norme NF EN 609-1 relative à ce type de machine, il a été décidé d'utiliser la méthode sur ce cas. Ce travail a permis d'aboutir à la rédaction d'une recommandation sur la mise en œuvre de barrières immatérielles dans le projet de révision de cette norme, ainsi qu'à la réalisation d'un prototype fonctionnel par un fabricant de fendeuses.

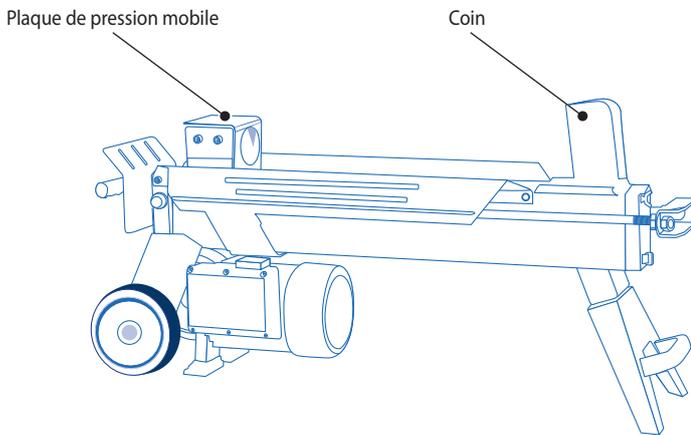


Figure 13. Fendeuse de bûches horizontale



1. Analyse préliminaire

La première étape décrite dans la méthode consiste en une analyse préliminaire.

- La machine traitée dans cet exemple est une fendeuse de bûches horizontale.
- Il existe un référentiel relatif à la sécurité de ce type de machines : la norme NF EN 609-1.
- La norme actuelle préconise la mise en œuvre d'un protecteur mobile ou d'une commande bimanuelle sur ce type de machine.

L'approvisionnement étant manuel, la mise en place d'un protecteur mobile, comme suggéré sur la figure 14, est relativement pénalisante pour la productivité et pour l'ergonomie. L'objectif est de proposer une solution plus adaptée mettant en œuvre un SPE.

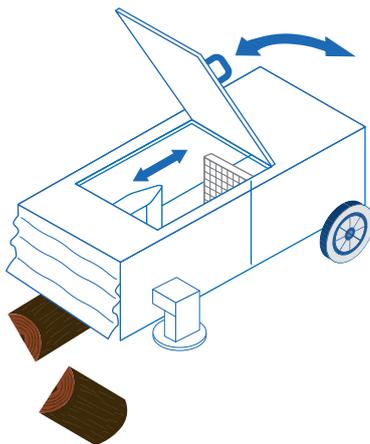


Figure 14. Illustration de la solution proposée par la norme NF EN 609-1



2. Identification du moyen de protection à envisager

Le risque d'écrasement envisagé est dû au déplacement d'un élément appelé « plaque de pression mobile » qui concourt à la réalisation de la tâche. Ce n'est pas un élément mobile de transmission et il est donc possible d'envisager la mise en œuvre d'un moyen de protection autre qu'un protecteur.

L'approvisionnement de la fendeuse étant manuel, il est difficilement envisageable de rendre les éléments de travail inaccessibles. Néanmoins, le chargement n'ayant lieu que par la face avant de la fendeuse, il est possible de limiter partiellement l'accès à la zone dangereuse par la mise en œuvre d'un protecteur fixe.

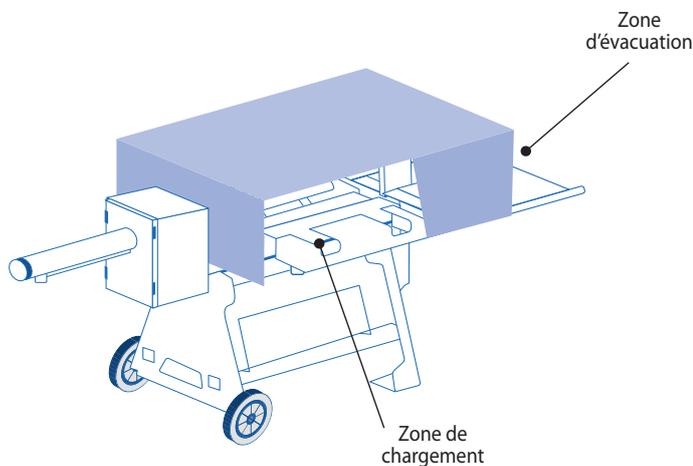


Figure 15. Mise en œuvre d'un protecteur fixe



3. Recours à un protecteur

Les concepteurs ont donc été amenés à mettre en place un protecteur fixe, tel que celui présenté figure 15 (voir NF EN ISO 14120⁽³⁾).

3. NF EN ISO 14120 – Sécurité des machines. Protecteurs. Prescriptions générales pour la conception et la construction des protecteurs fixes et mobiles. AFNOR, 2016.

Il subsiste deux points d'accès à la zone dangereuse pour lesquels il est nécessaire de traiter les risques associés :

- Le premier, utilisé pour l'approvisionnement de la machine, se situe sur la face avant. Le risque reste présent, il est donc nécessaire de le traiter.
- Le second, nécessaire à l'évacuation des bûches, se situe sur la partie latérale de la fendeuse. Le protecteur ainsi que la table d'évacuation ont été dimensionnés de façon à ce que la sécurité de l'opérateur soit assurée par éloignement de la zone dangereuse. Cette ouverture ne nécessite donc pas de recourir à un SPE et ne sera donc pas traitée dans la suite de l'exemple.



4. Identification du moyen de protection complémentaire à envisager

- Suite à la mise en œuvre du protecteur, il subsiste un risque d'écrasement dû à un élément mobile de travail qu'il n'est pas envisageable, pour des raisons d'ergonomie, de rendre inaccessible.
- Aucun risque supplémentaire de projections, de rayonnements ionisants ou encore de chaleur n'a été identifié.
- Tous les mouvements de la plaque de pression mobile de la fendeuse peuvent être arrêtés à tout moment du cycle.

Compte tenu des éléments cités ci-dessus, cette étape permet de confirmer la faisabilité de recourir à un équipement de protection sensible en vue de supprimer le risque d'écrasement mis en évidence lors de l'appréciation du risque.



5. Recours à un SPE

Préalablement au choix d'un SPE et conformément à la norme NF EN ISO 13849-1, il convient de définir la fonction de sécurité pour laquelle son utilisation est envisagée et de déterminer le niveau de sécurité de celle-ci. Dans cet exemple, la fonction de sécurité est **l'arrêt du mouvement de la plaque de pression mobile** dès qu'une partie du corps pénètre dans la zone d'accès.

Le niveau de performance requis (PL requis ou PLr) pour cette fonction a été déterminé conformément aux préconisations de la norme NF EN ISO 13849-1 et a été fixé à **PL = e**.

5.1. Spécification du besoin

La méthode développée propose à l'utilisateur, au travers d'une démarche de questionnement, de définir son besoin. Pour cela, il est amené à réfléchir et à répondre aux points suivants.

5.1.1. Détermination du mouvement dangereux

A.1 Identification de la machine

La machine est une fendeuse de bûches horizontale.

A.2 Identification des pièces en mouvement

Seule la plaque de pression est en mouvement, le coin, lui, est fixe.

A.3 Nature des mouvements (translation, rotation...)

La plaque de pression effectue une translation selon l'axe horizontal.

A.4 Phases dangereuses du mouvement

La phase dangereuse a lieu tout au long de la durée de déplacement de la plaque de pression vers le coin. Dans le cas particulier traité, la phase de retrait ne présente pas de danger particulier ; il n'existe pas de zone de pincement ou d'écrasement possible.

A.5 Temps d'arrêt de la machine

La vitesse de déplacement de la plaque de pression mobile étant faible, l'énergie cinétique résultante est donc réduite. Le temps d'arrêt maximal de l'élément mobile communiqué par le fabricant est de 60 ms.

5.1.2. Caractérisation de la zone dangereuse et de l'accès

B.1 Forme de la zone dangereuse

La zone dangereuse est définie par la zone de fendage, c'est-à-dire par le volume dans lequel évolue la plaque de pression. Elle est matérialisée par le volume en rose sur la figure 16.

B.2 Caractéristiques dimensionnelles de la zone dangereuse

Elles sont variables en fonction de la taille de la fendeuse. Dans le cas traité, la zone dangereuse est comprise dans un parallélépipède d'environ 1000 x 600 x 600 mm.

B.3 Positionnement de la zone dangereuse dans l'espace

La zone dangereuse est inscrite dans la zone d'évolution de l'élément mobile de la fendeuse.

B.4 Nombre d'accès possible à la zone dangereuse

Suite à la mise en place des protecteurs fixes, deux accès à la zone dangereuse sont possibles. L'accès traité se trouve

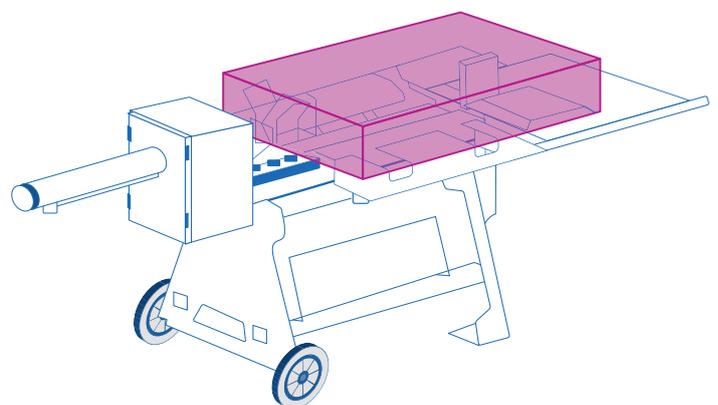


Figure 16. Définition de la zone dangereuse

en face avant et permet le chargement de la fendeuse de bûches (voir figure 17).

B.5 La forme de la (ou des) zone(s) d'accès à la zone dangereuse

L'accès à la zone dangereuse est de forme rectangulaire et délimité par les protecteurs fixes.

B.6 Caractéristiques dimensionnelles de la (ou des) zone(s) d'accès

La taille maximale des bûches admissibles sur cette fendeuse est fixée à 500 mm de longueur pour un diamètre de 300 mm. L'accès en face avant de la machine mesure 700 x 500 mm.

B.7 Positionnement de la (ou des) zone(s) d'accès dans l'espace

La figure 17 ci-dessous illustre le positionnement de la zone d'accès.

5.1.3 Définition du contexte d'utilisation de la machine

C.1 Contraintes liées à la productivité

Le temps nécessaire à l'opération de fendage de la bûche et au retour de la plaque mobile en position initiale n'exède pas cinq secondes. L'évacuation des bûches étant réalisée automatiquement, l'opérateur ne gère que l'approvisionnement. Il est donc souhaitable qu'il puisse rester à proximité immédiate de la zone de chargement.

C.2 Contraintes liées à l'ergonomie

L'opérateur ayant les deux mains occupées par la mise en place de la bûche sur le plateau lors de l'étape de chargement, la solution de protection retenue ne doit pas exiger d'action spécifique de sa part.

C.3 Contraintes liées à l'implantation de la machine

La fendeuse est prévue pour être transportable. Les contraintes liées à son implantation peuvent varier d'une situation à une autre.

C.4 Fréquence d'accès à la zone dangereuse

L'opérateur, qui est amené à positionner les bûches unitairement, accède fréquemment à la zone située en face avant. En revanche, il accède plus rarement à la zone d'évacuation, puisque l'évacuation des bûches est prévue de façon automatique par simple éjection en bout de table d'évacuation.

C.5 Types d'approche de l'utilisateur

Compte tenu de la position et de la forme de la zone d'accès, l'approche se fait perpendiculairement à celle-ci.

C.6 Discrimination objets/personnes

La zone d'accès située à l'avant est utile à l'approvisionnement des bûches. Celles-ci étant de forme irrégulière, il n'est pas possible de définir un gabarit permettant de différencier une bûche de tout autre objet, ou personne susceptible de pénétrer par cet accès.

C.7 Accès à la zone

Compte tenu des dimensions de la fendeuse, le chargement n'est envisagé que manuellement. La surveillance doit être assurée sur toute la zone et de façon permanente durant la phase de déplacement de la plaque mobile vers le coin.

C.8 Projection de matières ou particules non dangereuses

Il n'existe pas de risque de projection de matières non dangereuses (aucune présence de liquide de coupe, par exemple). Le risque de projection d'éclats de bois est limité sur ce type de fendeuses car le fendage se produit dans la zone protégée par le protecteur fixe.

C.9 Caractéristiques organisationnelles

La fendeuse étant transportable, il est difficilement envisageable que son utilisation se fasse sur un site à accès restreint. La probabilité que des tiers puissent se trouver à proximité de la machine n'est pas nulle.

5.1.4. Définition des contraintes environnementales

D.1 Environnement de travail

La fendeuse étant transportable, le travail peut être envisagé aussi bien en intérieur qu'en extérieur. Néanmoins, compte tenu de sa puissance et du type d'alimentation qui ne peut être que d'origine électrique, son utilisation se limite à un périmètre proche d'un bâtiment ou, plus souvent, sous un hangar. L'utilisation prévue pour cet exemple est en extérieur et sous abri.

D.2 Gamme de température

Pour la phase de travail, la gamme de température varie de - 10 °C à + 40 °C. Il peut être envisagé d'étendre cette gamme pour la phase de stockage de - 20 °C à + 50 °C par exemple.

D.3 Conditions de visibilité

L'utilisation en extérieur peut entraîner la présence modérée de particules dans l'air, comme des poussières par exemple.

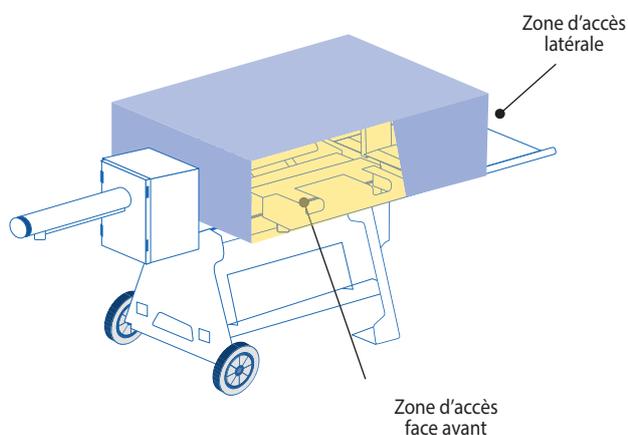


Figure 17. Définition des zones d'accès

D.4 Conditions de luminosité

L'usage d'une telle machine ne peut être envisagé que dans des conditions d'éclairage suffisantes. Néanmoins, les conditions de luminosité peuvent varier en fonction de la luminosité extérieure.

D.5 Contraintes d'étanchéité

Bien que prévue sous abri, l'utilisation en extérieur impose des contraintes d'étanchéité. L'indice de protection contre l'eau pour les phases de travail pourrait se limiter à 3, ce qui correspond à une protection contre l'eau de pluie jusqu'à 60° de la verticale. Mais les phases de stockage, de transport ou de nettoyage imposent un niveau supérieur qui, pour cet exemple, a été fixé à 5, garantissant ainsi une étanchéité à l'eau lors des phases de lavage au jet. Ce type de machine étant principalement destiné à l'industrie du bois, la présence de poussières de bois dans son environnement peut être fréquente, l'équipement de protection sensible devra présenter un niveau de protection élevé contre les poussières, à savoir un niveau 6.

D.6 Contraintes vibratoires

L'opération de fendage n'est pas source de vibrations importantes, mais les phases de transport de la fendeuse peuvent générer des vibrations. Il est nécessaire de privilégier l'équipement présentant la plus faible sensibilité aux vibrations, sachant également que certains fournisseurs proposent des systèmes de fixation dotés d'amortisseurs de vibrations.

D.7 Résistance aux chocs

La manipulation de bûches peut être à l'origine de chocs. Il est nécessaire de s'assurer de la résistance de l'équipement de protection sensible ou de prévoir des protecteurs pour éviter toute dégradation de l'équipement.

D.8 Immunité aux perturbations électromagnétiques (CEM)

Du fait de la mobilité possible de la fendeuse, il n'est pas envisageable de définir de niveau d'immunité spécifique. Néanmoins, l'environnement envisagé ne présente pas de contraintes d'immunité à la CEM particulières, autres

que celles exigées traditionnellement dans un environnement industriel.

D.9 Nature des sols

La nature transportable de la fendeuse de bûches ne permet pas de définir la nature des sols. Il faut donc envisager une utilisation sur des sols dont la nature, la couleur ou encore la structure peuvent varier.

D.10 Exposition possible à des produits corrosifs (non dangereux)

L'opération de fendage de bûches ne nécessite pas de liquide de coupe, et aucune opération mettant en œuvre des produits corrosifs n'est à prévoir sur ce type de machine.

D.11 Exposition possible à des rayures, à un arrachement ou un écrasement

Les remarques relatives aux rayures, à l'arrachement ou à l'écrasement sont les mêmes que celles énoncées pour les chocs.

5.2. Spécification de la fonction de détection souhaitée

Cette étape consiste à élaborer une synthèse des différents besoins explicités au travers des thèmes abordés précédemment, en vue de définir la fonction de détection attendue.

Pour commencer, il est nécessaire de définir la zone d'évolution, considérée comme nécessaire, de l'opérateur.

5.2.1. Définition de la zone d'évolution de l'opérateur

Certains facteurs tels que les contraintes d'optimisation de la productivité (C.1), l'ergonomie (C.2) et la fréquence d'accès (C.4) à la zone d'approvisionnement élevée laissent penser que l'opérateur évoluera essentiellement à proximité de la zone de chargement située à l'avant de la fendeuse (voir figure 18).

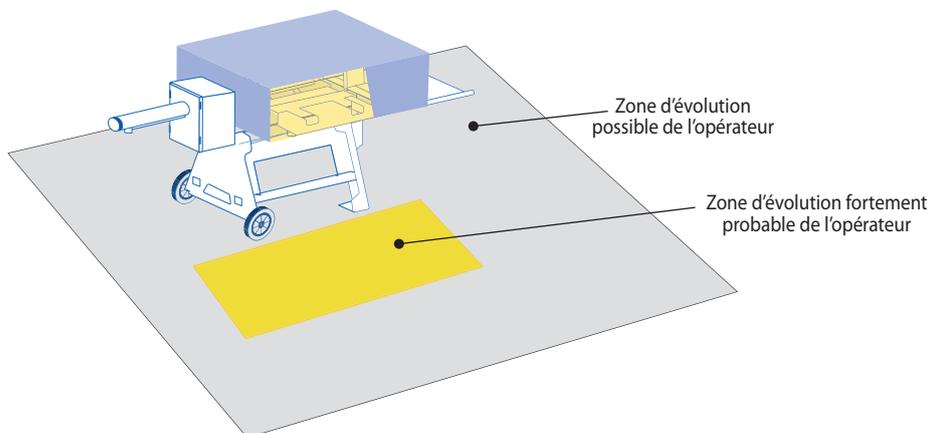


Figure 18. Zone d'évolution de l'opérateur

Néanmoins, la nature transportable (D.1) de la fendeuse et les caractéristiques organisationnelles (C.9) ne permettent pas d'envisager l'absence de tierces personnes autour de la fendeuse, même si la probabilité semble plus faible.

5.2.2. Identification de la partie du corps à détecter

Les facteurs suivants sont à prendre en compte :

- Zone d'évolution de l'opérateur : proximité immédiate de l'accès à la zone dangereuse.
- Caractéristiques dimensionnelles de la (ou des) zones(s) d'accès (B.6) : le passage d'un membre du corps est envisageable.
- Positionnement de la zone dangereuse dans l'espace (B.3) : une hauteur d'environ 1 m.
- Positionnement de la (ou des) zone(s) d'accès dans l'espace (B.7) : face à la zone d'accès. Pour des raisons d'ergonomie, la distance maximale séparant la zone dangereuse de son accès a été fixée à 400 mm.

Compte tenu de ces différents éléments, il apparaît que l'accès à la zone dangereuse peut se produire par introduction d'un membre supérieur dans la zone d'accès. La longueur de la partie du corps à détecter doit être inférieure à la distance souhaitée entre la zone dangereuse et son accès (400 mm). Il n'est pas envisageable de s'orienter vers la détection de bras dont la longueur est de 459 mm (voir NF EN 547-3). La longueur approximée d'une main étant de 152 mm, il est souhaitable de s'orienter vers la détection de **la main**.

5.2.3. Identification de l'objet de la détection

La partie du corps à détecter étant la main, la question relative à la détection de présence ou de franchissement ne se pose pas. Dans ce cas, on considère que l'objet de la détection est toujours la présence.

À l'issue de cette phase d'analyse du besoin, il a été identifié que la fonction de détection souhaitée est la détection de présence d'une main.

5.3. Identification des technologies compatibles avec le besoin

- Parmi les équipements de protection sensibles existants, trois technologies sont envisageables pour assurer la fonction de détection de présence d'une main :
- dispositifs de protection optoélectronique actifs (barrière immatérielle),
 - dispositifs de protection optoélectronique actifs sensibles aux réflexions diffuses (scrutateur laser),
 - dispositifs de protection par vision (VBPD).

5.4. Adéquation entre le besoin et les technologies compatibles

Au cours de cette étape et avant de sélectionner plus finement le SPE, il convient de s'assurer que la (ou les) technologies compatibles présentent des caractéristiques suffisantes pour la situation traitée.

5.4.1. Temps de réponse

Il faut vérifier que la distance séparant la zone dangereuse et l'accès (sur lequel on envisage l'installation du SPE) est suffisante pour être envisagée en tant que distance de sécurité. La formule de calcul de la distance de sécurité dépend de la capacité du dispositif, qui est elle-même imposée par la partie du corps que l'on souhaite détecter.

Partie du corps à détecter	Capacité de détection
Doigt	$d \leq 14 \text{ mm}$
Main	$14 \text{ mm} < d \leq 40 \text{ mm}$
Bras ou corps	$40 \text{ mm} < d \leq 70 \text{ mm}$
Corps entier	$d > 70 \text{ mm}$

Tableau 3.

Dans cet exemple, la capacité de détection doit être comprise entre 14 mm et 40 mm. La formule de calcul pour la distance de sécurité minimum S dans le cadre de la mise en œuvre d'un dispositif de protection sensible ayant une capacité de détection $\leq 40 \text{ mm}$ est la suivante :

$$S = K * (t1+t2) + 8 * (d-14)$$

- K est une constante, en millimètres par seconde (mm/s), calculée à partir des vitesses d'approche du corps ou de parties du corps,
- $t1$ est la durée maximale qui s'écoule entre l'activation du moyen de protection et le passage du signal de sortie à l'état d'arrêt,
- $t2$ est la durée maximale nécessaire requise pour mettre fin à la fonction dangereuse de la machine après que le signal de sortie transmis par le moyen de protection est passé à l'état bloqué. Le temps de réponse du système de commande de la machine doit être inclus dans $t2$,
- d est la capacité de détection des capteurs du dispositif, en millimètres (mm).

Dans ce cas d'application, la valeur de K est normalisée à 2 000 mm/s et le temps d'arrêt de la machine est 60 ms ($t2$). La capacité de détection du SPE devra être inférieure à 40 mm car la partie du corps à détecter ici est la main (voir tableau 3).

Il ressort de cette première estimation que si l'on souhaite une distance de sécurité de 400 mm, le temps $t1$ maximal que devra présenter le SPE est de 36 ms. Cette valeur maximale de temps de réponse reste compatible avec les performances actuelles des dispositifs de protection optoélectronique actifs et des dispositifs de protection par

vision VBPD. En revanche, cela est incompatible avec les dispositifs de protection optoélectronique actifs sensibles aux réflexions diffuses de type scrutateur laser, pour lesquels les performances sont de l'ordre de 80 ms.

Dans l'hypothèse où le temps d'arrêt de la machine aurait été trop élevé, 120 ms par exemple, la distance de sécurité envisagée de 400 mm n'était pas compatible avec la mise en œuvre d'un SPE. Il aurait alors été nécessaire de redéfinir le besoin ou, par exemple, de redimensionner le protecteur de façon à augmenter la distance entre l'accès et la zone dangereuse.

5.4.2. Niveau de performance de sécurité

Le niveau de performance requis (PLr) pour la fonction de sécurité « **arrêt du mouvement de la plaque de pression mobile** » a été déterminé conformément aux préconisations de la norme NF EN ISO 13849-1 et a été fixé à **PL = e**. Il en découle que le niveau de performance de sécurité du dispositif envisagé devra être au moins égal à celui de la fonction de sécurité, à savoir **PL = e**. Compte tenu de l'état actuel de la technique, seules les barrières immatérielles sont envisageables car elles peuvent présenter des niveaux de performance PLe, SIL 3, type 4. En effet, les dispositifs de protection par vision VBPD présentent des niveaux de sécurité PLd, SIL 2, type 3.

La mise en œuvre d'un dispositif de protection optoélectronique actif, de type barrière immatérielle, présentant une capacité de détection inférieure à 40 mm est compatible avec une installation sur la machine décrite dans cet exemple, à une distance de 400 mm de la zone dangereuse.

Dans le cadre de l'exemple traité, il a été envisagé de réduire la distance de 400 mm pour améliorer l'ergonomie. Pour cela, il est possible de recourir à une barrière immatérielle présentant une capacité de détection égale à 14 mm. De cette façon, la distance séparant la zone dangereuse de la zone d'accès pourra être réduite. En conservant la même hypothèse concernant le temps de réponse du dispositif (environ 36 ms), il est possible de réduire la distance à 192 mm.

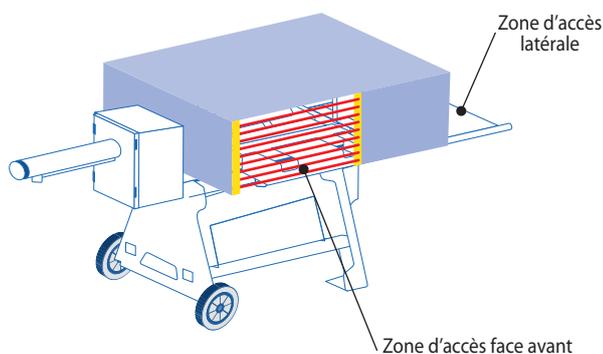


Figure 19. Illustration de la solution retenue

Dans cet exemple, la prise en compte de l'ergonomie a conduit à envisager la mise en œuvre d'une barrière immatérielle présentant une capacité de détection égale à 14 mm.

5.5. Sélection de l'équipement

Il est ensuite nécessaire de recenser les besoins exprimés lors de l'étape de spécification du besoin et de les confronter aux caractéristiques principales de chacune des technologies identifiées, en vue de sélectionner la plus adaptée. Pour cela, l'utilisateur ou le concepteur dispose des fiches techniques présentées en annexe 3.

Pour le choix final du modèle de barrière immatérielle de l'exemple traité, il faut tenir compte de paramètres, tels que :

- la résolution, qui doit être compatible avec la détection de doigt; la résolution retenue est de 14 mm,
- le niveau de sécurité, qui doit être lui aussi compatible avec le niveau requis par la fonction lors de l'analyse du risque,
- la portée et la hauteur de protection qui doivent être compatibles avec les caractéristiques dimensionnelles de la zone d'accès (B.5 et B.6),
- le temps de réponse qui doit être inférieur à 36 ms,
- l'ensemble des contraintes environnementales citées, telles que la gamme de température, l'étanchéité, les contraintes de vibrations et de chocs (D.2, D.5, D.6, D.7 et D.11).

La technologie mise en œuvre par ces équipements étant basée sur des principes optiques, ils peuvent être sensibles aux conditions de visibilité et/ou de luminosité (D.3 et D.4) et présenter quelques risques de détections intempestives qui ne rendent toutefois pas ces équipements incompatibles avec l'utilisation envisagée.

5.6. Mise en œuvre et vérification

La mise en œuvre de la barrière immatérielle retenue a été faite conformément aux recommandations du fabricant. Elle a été implantée de façon à garantir une distance de sécurité suffisante en tout point de la zone d'accès. Les dimensions de la barrière retenue n'autorisent aucun contournement. Des protecteurs ont été mis en place en vue de protéger la barrière contre les éventuels chocs dus au chargement des bûches. Afin de limiter le ruissellement de gouttes d'eau, il est possible de protéger le haut de la barrière à l'aide d'un toit. Aucune dégradation des performances de détection due à une éventuelle déviation des faisceaux optiques par la table de chargement n'a été observée (voir figure 19).

ANNEXE 2

**Fiches techniques des dispositifs
de protection sensibles**



Ces fiches techniques, conçues par familles de technologie, ont pour but d'aider l'utilisateur ou le concepteur à choisir l'équipement de protection sensible le mieux adapté au besoin qu'il aura spécifié précédemment. Sans revendication d'exhaustivité, les caractéristiques et les valeurs communiquées ne sont que le reflet de l'état de la technique au moment de la rédaction de ce document et ne peuvent être qu'indicatives.

Certaines caractéristiques sont communes à l'ensemble des familles de technologie.



Caractéristiques communes

• Caractéristiques électriques

- La tension d'alimentation.
- La consommation électrique.
- Les interfaces de sortie (types de sortie et connexions proposées).
- Les niveaux et durées des signaux de sortie.
- Les interfaces de communication (bus de terrain, RS232, RS422...).

Le recours à une interface de communication peut entraîner une augmentation importante du temps d'arrêt global de l'installation.

Il est nécessaire, pour toutes ces caractéristiques, de s'assurer de leur compatibilité avec l'installation et la machine.

• Caractéristiques environnementales

- La température : il est nécessaire de s'assurer que la plage de température est compatible avec l'utilisation envisagée. Il est également nécessaire de vérifier que la température de stockage est également en adéquation avec toutes les phases de vie de la machine.
- Les vibrations et chocs : les dispositifs de protection sensibles sont tous soumis à des exigences de tenue aux vibrations et aux chocs. Il faut vérifier que les niveaux spécifiés sont compatibles avec l'application visée. Il est également important d'envisager toutes les phases de vie de la machine, car certaines phases, telles que le transport, peuvent être source de vibrations et de chocs importants.
- L'étanchéité : l'indice d'étanchéité est à considérer, en particulier vis-à-vis de certaines phases de vie, telles que le nettoyage, pour lesquelles les installations peuvent être soumises à des projections importantes. Cet indice informe l'utilisateur sur le niveau d'étanchéité de l'équipement mais ne fournit aucune garantie quant aux performances de détection de l'équipement lorsqu'il est soumis à ces projections.

Pour les dispositifs optoélectroniques, certains fournisseurs proposent des caissons de protection visant à améliorer l'immunité aux trois paramètres évoqués ci-dessus. Leur mise en œuvre peut altérer les performances du dispositif (portée, capacité de détection...).

LES DISPOSITIFS DE PROTECTION OPTOÉLECTRONIQUES

Les dispositifs de protection optoélectroniques sont sensibles aux conditions de luminosité, de visibilité, aux pollutions optiques et aux influences atmosphériques. Leur usage doit se limiter préférentiellement à des environnements contrôlés.



1. Les dispositifs de protection optoélectroniques actifs

Les dispositifs de détection optoélectroniques actifs (*Active Optoelectronic Protective Devices*) sont des dispositifs dont la fonction de détection est assurée par des émetteurs et des récepteurs optoélectroniques détectant l'interruption de tout rayonnement optique. Dès qu'un faisceau est occulté par l'intrusion d'un objet opaque ou d'une personne ou d'une partie de son corps dans la zone contrôlée, le récepteur détecte cette interruption et modifie l'état du signal (état inactif) vers ses éléments de sortie de commutation de sécurité (OSSD).

La norme NF EN ISO 61496-1 distingue trois catégories d'AOPD :

- dispositif à faisceau lumineux unique (voir figure 20),
- dispositif à faisceaux lumineux multiples (voir figure 21),
- barrière immatérielle (voir figure 22).

• Caractéristiques de détection

La géométrie et la taille de la zone de détection

Pour les barrières immatérielles, la zone de détection est définie par la hauteur protégée et par la portée du dispositif.

La hauteur protégée dépend directement des dimensions de la barrière. Il existe des barrières présentant des hauteurs variant de 15 cm à plus de 2 m. À noter que certains fabricants proposent des barrières immatérielles pour lesquelles la hauteur protégée est égale à la longueur de celles-ci. Elles sont dites « sans zone morte ». Les produits actuels offrent des portées pouvant atteindre plusieurs mètres. Il faut toutefois noter qu'il existe un lien entre la portée et la capacité de détection. Plus la portée est grande, moins la capacité de détection sera fine.

Pour les dispositifs à faisceaux lumineux multiples, la taille de la zone de détection est définie par la hauteur de détection et par la portée du dispositif. La hauteur protégée dépend directement du nombre de faisceaux constituant le dispositif. Les fournisseurs proposent des



Figure 20. Dispositif à faisceau lumineux unique

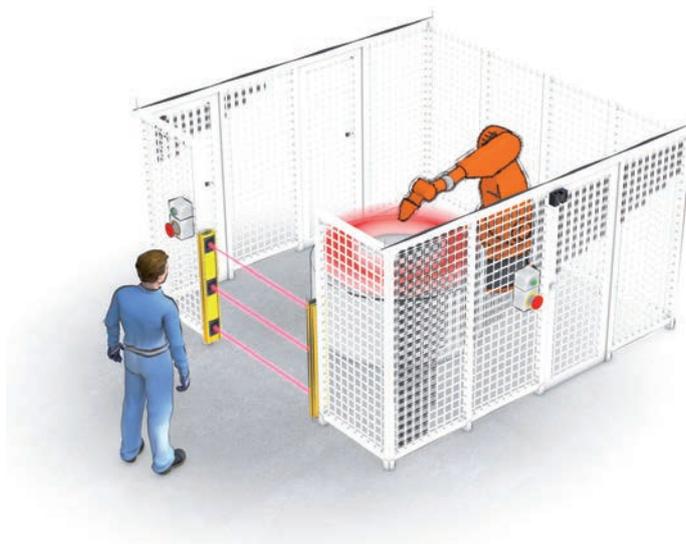


Figure 21. Dispositif à faisceaux lumineux multiples

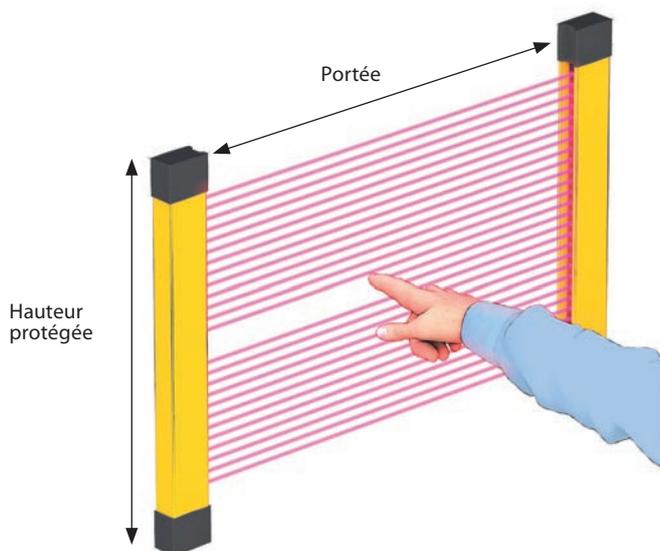


Figure 22. Barrière immatérielle

dispositifs comprenant de 2 jusqu'à 8 faisceaux. Selon les modèles, il est possible d'envisager des portées allant jusqu'à 90 m.

Pour les dispositifs à faisceau lumineux unique, la taille de la zone de détection est définie par la portée du dispositif. Selon les modèles, il est possible d'envisager des portées allant jusqu'à 100 m.

La capacité de détection

Dans le cas des barrières immatérielles, la capacité de détection représente le diamètre de l'éprouvette d'essai qui déclenche le dispositif de détection lorsqu'il est placé dans la zone de détection. La détection doit être assurée en tout point de la zone (voir figure 23).

Les capacités de détection couramment proposées sont 14 mm, 20 mm, 25 mm, 30 mm, 40 mm, 60 mm...

Plusieurs paramètres peuvent influencer sur la capacité initiale de la barrière, comme la portée ou la mise en œuvre de certains autres modes de fonctionnement détaillés ci-après.

Dans le cas des dispositifs à faisceaux lumineux multiples ou unique, la capacité de détection représente le diamètre de l'éprouvette d'essai qui déclenche le dispositif de détection lorsqu'il est placé dans l'axe d'un faisceau.

Dans le cas des dispositifs à faisceau lumineux unique ou multiples, la détection n'est pas garantie en tout point de la zone, mais uniquement lorsque l'objet interrompt au moins un faisceau.

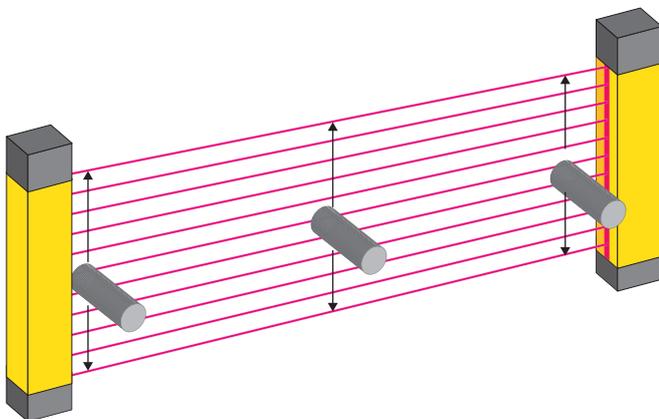


Figure 23. Passage d'une éprouvette dans le champ de détection

Le temps de réponse

Les temps de réponse constatés peuvent varier de quelques millisecondes à plus de 50 ms. Il est important de noter que le temps de réponse indiqué par le fournisseur est spécifié pour des conditions d'utilisation données.

Le temps de réponse peut varier de façon importante en fonction de plusieurs facteurs tels que le mode de fonctionnement retenu pour la mise en œuvre de la barrière.

La taille maximale des objets non détectés

Cette caractéristique n'est pas toujours mentionnée dans les documentations des constructeurs, mais elle reste néanmoins à prendre en compte lors du choix d'une barrière immatérielle. Elle permet de s'assurer que le dispositif retenu est compatible avec des contraintes de production, telles que l'approvisionnement d'une machine, et garantit ainsi une disponibilité élevée de l'équipement (voir figure 24).

• Niveau de sécurité

La norme NF EN ISO 61496-1 définit deux types d'AOPD : les types 2 et 4. Parmi les offres existantes, il est possible de trouver des dispositifs de type 2/Plc/SIL 1 et de type 4/PLe/SIL 3. Il incombe à l'utilisateur et/ou l'installateur de vérifier que ce type convient à l'application. Dans le cadre d'une démarche globale de réduction des risques, l'utilisateur et/ou l'installateur devra vérifier que cette caractéristique lui permet d'atteindre le niveau de performance requis pour la fonction.

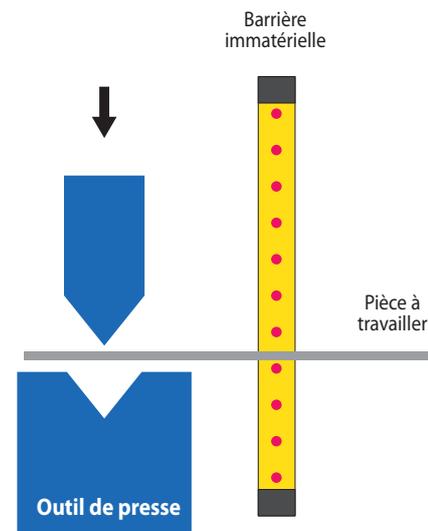


Figure 24. Approvisionnement d'une pièce d'épaisseur inférieure à la taille maximale des objets non détectés

• **Caractéristiques environnementales**

En dehors des caractéristiques communes à l'ensemble des SPE (voir p. 26).

Conditions de luminosité

Les longueurs d'ondes utilisées par les émetteurs/récepteurs assurent aux AOPD un niveau d'immunité suffisant pour une utilisation en milieu contrôlé. Cependant, sous certaines conditions d'éclairage (emploi de lumières stroboscopiques ou fluorescentes), les performances peuvent être altérées. Un éclairage direct du soleil peut également saturer la diode de réception et donc perturber le bon fonctionnement du détecteur.

Conditions de visibilité, pollutions optiques

La présence de poussières, de fumées, de vapeurs ou de toutes autres impuretés atmosphériques peut entraîner des déclenchements intempestifs. La disponibilité du dispositif peut être fortement réduite en présence d'un des phénomènes mentionnés ci-dessus.

Humidité, condensation

Les conditions d'humidité et, surtout, les phénomènes de condensation en résultant peuvent influencer sur les performances de détection du dispositif et entraîner des détections intempestives. Pour éviter tout problème lié à une éventuelle condensation, il est nécessaire de vérifier que le dispositif est équipé d'un moyen de ventilation.

La sensibilité de ces dispositifs aux conditions de luminosité, de visibilité, aux pollutions optiques et aux influences atmosphériques ne les destinent pas à une utilisation en extérieur. Leur usage doit se limiter à des environnements contrôlés.

• **Caractéristiques d'implantation**

Implantation

Selon la fonction de sécurité à assurer et la configuration de la machine, l'implantation de la barrière immatérielle peut être verticale, horizontale ou inclinée.

Surveillance périmétrique

L'utilisation de miroirs de renvoi permet la couverture d'un périmètre (voir figure 25).

La mise en œuvre de miroirs peut réduire la portée initiale de la barrière de plus de 20 %.

Combinaison de barrières

Il est possible de mettre en cascade plusieurs dispositifs de façon à augmenter la hauteur de détection (a) par exemple, ou de les positionner en forme de L (b), pour gérer l'anti-enfermement dans une zone (voir figure 26).

• **Fonctionnalités – Modes de fonctionnement**

Fonction d'alignement

Certains équipements proposent des fonctions d'aide à l'alignement, de façon à assurer le positionnement optimal de l'émetteur et du récepteur. Il s'agit généralement d'indicateur de niveau constitué de plusieurs leds.

Fonction de codage

Cette fonction consiste à coder les faisceaux optiques permettant ainsi d'améliorer l'immunité des récepteurs. Dans le cas où plusieurs émetteurs et récepteurs sont disposés de sorte que leurs faisceaux pourraient interagir, la fonction de codage permet à chaque récepteur d'identifier son émetteur.

La fonction de codage entraîne une augmentation du temps de réponse due au temps nécessaire à l'émetteur pour décoder le signal reçu.



Figure 25. Surveillance périmétrique avec miroir de renvoi

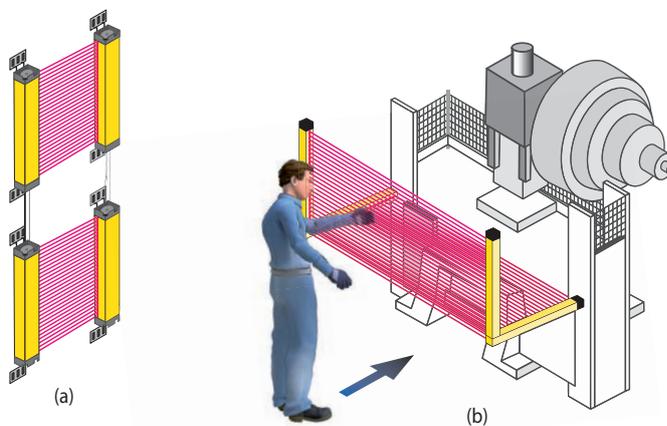


Figure 26. Combinaison de barrières immatérielles

Réduction de la portée

Cette fonction sert également à éviter l'interférence mutuelle possible lorsque des dispositifs sont placés de telle sorte qu'ils pourraient se perturber mutuellement. L'activation de la fonction réduit la puissance de l'émetteur.

Témoin d'encrassement

Certains modèles de barrières immatérielles intègrent un témoin d'encrassement. Il s'agit d'un témoin qui informe l'utilisateur que le niveau du signal reçu par le récepteur est faible. L'information délivrée n'est qu'informatrice, elle ne transite d'ailleurs pas par une sortie de sécurité. Une vérification et un entretien doivent être effectués régulièrement quel que soit le niveau d'encrassement indiqué.

Masquage (ou « blanking »)

Cette fonction optionnelle permet d'inhiber la détection d'un ou plusieurs faisceaux préalablement sélectionnés par programmation ou par apprentissage. Cette fonction est utile, par exemple, dans le cas où un convoyeur se trouve de manière permanente dans le champ de détection des barrières (voir figure 27).

La mise en œuvre de cette fonction peut altérer la capacité de détection à proximité de l'objet fixe. Il est nécessaire, dans ce cas, d'augmenter la distance de sécurité et, dans tous les cas, il faut prévoir la mise en place de protections supplémentaires de chaque côté de l'objet fixe pour interdire l'accès par les espaces laissés vides.

Masquage flottant (ou « floating blanking »)

Cette fonction permet, elle aussi, d'inhiber la détection sur un ou plusieurs faisceaux dont la localisation peut varier à l'intérieur de la zone de détection. Cette fonction est particulièrement utilisée, par exemple, dans les applications nécessitant l'aménagement de tôles sur une presse plieuse ou une cisaille. Toute autre entrée dans la zone de

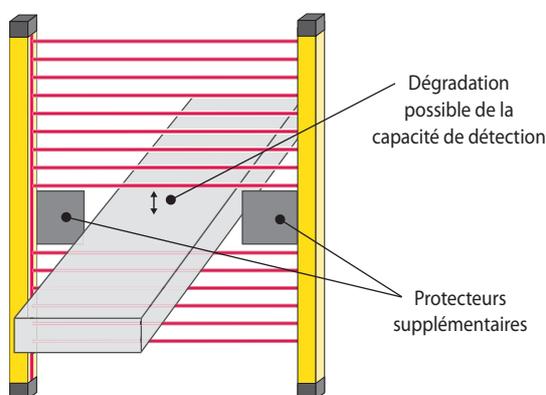


Figure 27. Masquage nécessitant des protecteurs fixes supplémentaires

détection provoque le passage à l'état inactif des signaux de sortie de l'équipement de protection.

La mise en œuvre de cette fonction peut altérer la capacité de détection de l'équipement et il sera nécessaire, dans ce cas, d'augmenter la distance de sécurité.

À noter qu'il est possible, sur certains modèles, de définir un sens de déplacement de l'objet mobile et également un temps de présence dans la zone de détection. Cette fonctionnalité permet d'autoriser le passage, par exemple, d'un élévateur dans la zone de détection (voir figure 28).

Inhibition (ou muting)

Cette fonction permet l'inhibition automatique et temporaire de la détection. L'activation de la fonction est assurée par des détecteurs, généralement 2 ou 4, qui peuvent être intégrés à la barrière sur les versions en forme de L ou en forme de T, ou extérieurs et pouvant mettre en œuvre d'autres technologies que l'optique (boucles à induction, par exemple). Cette fonction est particulièrement utile quand les contraintes de production imposent un passage de marchandises dans une zone protégée par des barrières immatérielles. Elle permet donc de discriminer le passage d'un objet de celui d'une personne, ainsi que le sens de passage. L'inhibition peut être totale sur toute la zone de détection ou partielle.

Forçage (ou « prise de contrôle » ou encore « override »)

Cette fonction est proposée en option avec les systèmes d'inhibition. Elle permet de redémarrer une machine qui a été arrêtée alors que des produits sont toujours présents dans la zone de détection de la barrière et de procéder ainsi à l'évacuation des produits.

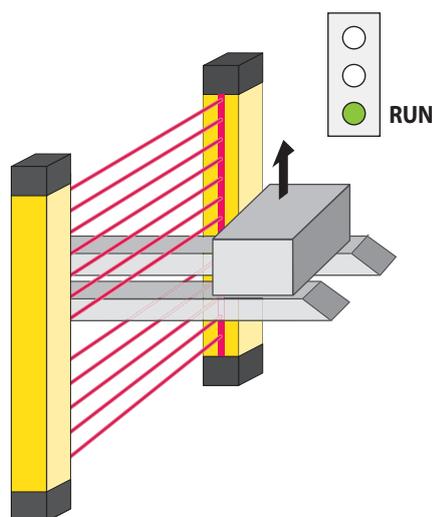


Figure 28. Passage des fourches d'un élévateur dans la zone de détection

Filtrage

Certains fournisseurs proposent des options de filtrage, permettant ainsi de réduire les détections dues au passage dans le champ de détection d'objets de petite taille, comme des copeaux de bois, par exemple.

La mise en œuvre de la fonction de filtrage conduit à une diminution des performances de l'équipement qui se traduit par une augmentation du temps de réponse ou une altération de la capacité de détection.

EDM (External Device Monitoring)

Cette fonction, commune à beaucoup de dispositifs de protection sensibles, permet de surveiller l'état des contacteurs externes. Le dispositif vérifie ainsi la cohérence entre ses sorties et l'état réel des contacteurs externes. En cas d'incohérence, les sorties du dispositif sont désactivées.

Mode de démarrage/redémarrage

- Sans verrouillage de démarrage/redémarrage : les sorties sont automatiquement activées après la mise sous tension ou dès que la zone de détection n'est plus occultée.
- Avec verrouillage de démarrage/redémarrage : les sorties ne sont pas activées après la mise sous tension ou dès que la zone de détection n'est plus occultée. Un ordre de démarrage doit être donné par l'opérateur.

Enchaînement de cycles

Certains AOPD peuvent être utilisés pour déclencher l'enchaînement des cycles machine par un nombre préalablement déterminé de cycles d'activation/désactivation générés de façon volontaire par l'opérateur :

- une activation et désactivation du dispositif de détection redéclenchent le mouvement de la machine, référencées comme simple intrusion,
- deux activations et désactivations consécutives du dispositif de détection redéclenchent le mouvement de la machine, référencées comme double intrusion. Ce mode de redémarrage ne pourra être mis en œuvre que dans les situations pour lesquelles l'opérateur ne peut pas se placer entre la zone de détection de l'équipement et la zone dangereuse.

Sur certains modèles, il est possible d'activer simultanément plusieurs fonctionnalités.

• Mise en œuvre – Applications typiques – Préconisations

Mise en œuvre

La mise en œuvre d'un AOPD impose le respect d'une distance de sécurité. Il est donc important de vérifier que l'implantation prévue respecte cette valeur minimale. Pour cela, l'utilisateur ou le concepteur pourra consulter la norme NF EN ISO13855.

Mise en cascade

La mise en cascade de plusieurs barrières immatérielles permet la surveillance de zones d'accès voisines ou d'une seule et même zone d'accès présentant une forme particulière. Certaines vérifications sont nécessaires lors de la combinaison de plusieurs éléments. Il est, en particulier, indispensable de s'assurer que la capacité de détection et le temps de réponse de l'ensemble restent à la valeur envisagée. Les performances sont généralement dégradées du fait que :

- le temps de réponse final augmente car il faut prendre en compte les temps de réponse de chaque barrière. Il est nécessaire de consulter les notices constructeurs dans lesquelles doivent figurer les formules de calcul de temps de réponse ;
- la mise en cascade de barrières peut altérer la capacité de détection car il est souvent physiquement impossible de limiter l'écartement entre les barrières, entraînant ainsi une distance entre les deux faisceaux plus importante que souhaitée.

Interférences dues à une surface réfléchissante

Les faisceaux optiques peuvent être renvoyés par des surfaces réfléchissantes comme une pièce de machine, un protecteur ou une pièce à usiner par exemple (voir figure 29).

Une déviation du faisceau peut empêcher la détection d'un objet présent dans le champ de détection. Par conséquent, il est nécessaire de maintenir une distance minimale entre la surface réfléchissante et le faisceau. Pour cela, les fabricants fournissent des abaques permettant de déterminer cette distance minimale, en fonction de la distance séparant l'émetteur et le récepteur.

Mode de programmation

Certains modèles d'AOPD intègrent un grand nombre de fonctionnalités qu'il est nécessaire de configurer. Afin de faciliter la programmation et d'éviter les éventuelles

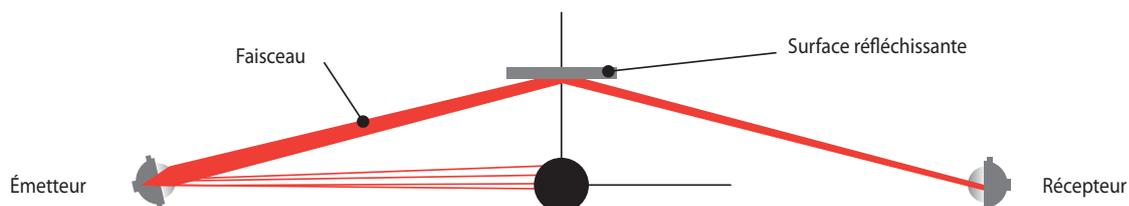


Figure 29. Déviation de faisceau optique

erreurs de configuration, il est recommandé de privilégier les modèles d'AOPD proposant une interface graphique de programmation, en complément du mode de programmation manuel.

Interférences mutuelles entre équipements

Si les barrières retenues ne disposent pas de fonction de codage, ou si le temps de réponse résultant de l'activation de cette fonction n'est pas compatible avec l'application, il conviendra de respecter certaines règles visant à éviter tout risque d'interférence entre équipements. Il est pour cela recommandé de positionner les équipements dos à dos (voir figure 30).

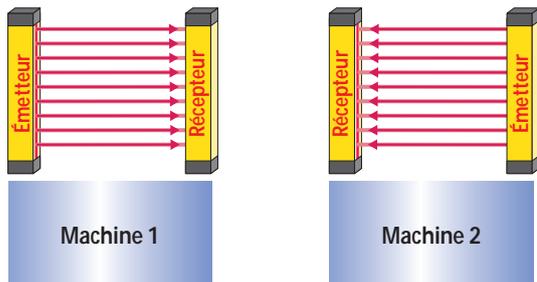


Figure 30. Situation limitant les risques d'interférences mutuelles entre équipements

Mise en œuvre des dispositifs à faisceaux lumineux unique ou multiple

Dans le cadre de l'utilisation d'une seule cellule monofaisceau, la norme NF EN ISO 13855 recommande une hauteur de 750 mm au-dessus du sol ou du plan de référence.

L'annexe E de cette même norme recommande les hauteurs suivantes par rapport au plan de référence pour les équipements contenant 2,3 ou 4 faisceaux.

Nombre de faisceaux	Hauteurs par rapport au plan de référence, par exemple le sol (en mm)
4	300, 600, 900, 1 200
3	300, 700, 1 100
2	400 ^a , 900

a : Pour le faisceau le plus bas, une hauteur de 400 mm ne peut être utilisée que lorsque l'appréciation du risque le permet.

Tableau 4

2. Les dispositifs de protection optoélectroniques actifs sensibles aux réflexions diffuses

Un dispositif optoélectronique actif sensible aux réflexions diffuses (*Active Opto-electronic Protective Devices responsive to Diffuse Reflection*) est un dispositif de protection électrosensible présentant une zone de détection bidimensionnelle dans laquelle le rayonnement dans le champ proche infrarouge (820 nm à 946 nm) est émis par un ou des émetteurs. Quand le rayonnement émis rencontre un objet (une personne, par exemple, ou une partie de son corps), une partie du rayonnement émis est renvoyée par réflexion diffuse sur le ou les éléments récepteurs permettant la détection de l'objet présent dans la zone de détection. Le principe repose sur la mesure du temps de vol de l'impulsion lumineuse. En chronométrant le temps nécessaire à l'impulsion lumineuse pour effectuer un aller-retour, il est ainsi possible de déterminer la distance à laquelle se trouve l'objet détecté.

Équipées d'un miroir rotatif, les impulsions sont émises dans différentes directions et balayent ainsi un secteur angulaire plan (voir figure 31).

• Caractéristiques de détection

La géométrie et la taille de la zone de détection

La zone de détection effective est inscrite dans le champ de protection maximal qui peut être matérialisé par un secteur circulaire, dont le rayon maximal constaté est de l'ordre de 5 mètres et dont l'angle peut atteindre 300°. La forme de la zone de détection effective (ou champ de protection configuré) est définie librement par l'utilisateur ou par le biais d'une procédure automatique d'apprentissage (voir figure 32).

Sur la plupart des AOPDDR, il existe une zone de non détection située à proximité immédiate du dispositif.

Certains modèles autorisent, lors de la configuration, la création de zones d'alarme en complément de la zone de détection, permettant la détection d'objets au-delà du champ de protection maximal. Dans ces zones d'alarme, les performances de détection peuvent ne pas être optimales.

Seule la zone de détection effective (ou champ de protection configuré) est à considérer dans le cadre de la mise en sécurité de la machine.

La capacité de détection

Elle varie selon les modèles et les fournisseurs. Il est possible de trouver des dispositifs proposant une capacité de détection comprise entre 30 mm et 150 mm. Elle est également dépendante de la dimension de la zone de détection configurée. Il est donc nécessaire de consulter la notice constructeurs pour connaître la capacité de détection garantie pour une dimension de zone de détection donnée.

La capacité de détection peut varier en fonction de la portée souhaitée.

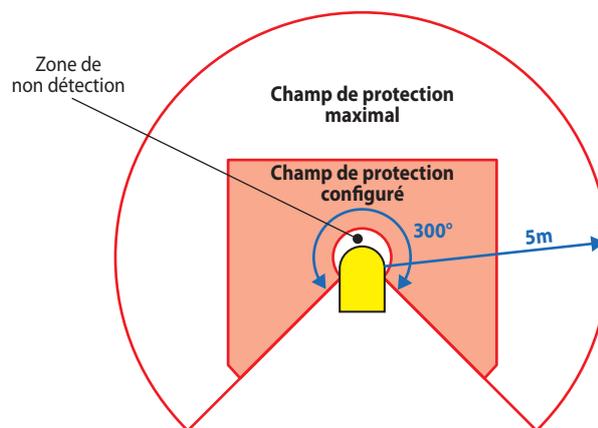


Figure 32. Zone de détection d'un scrutateur laser

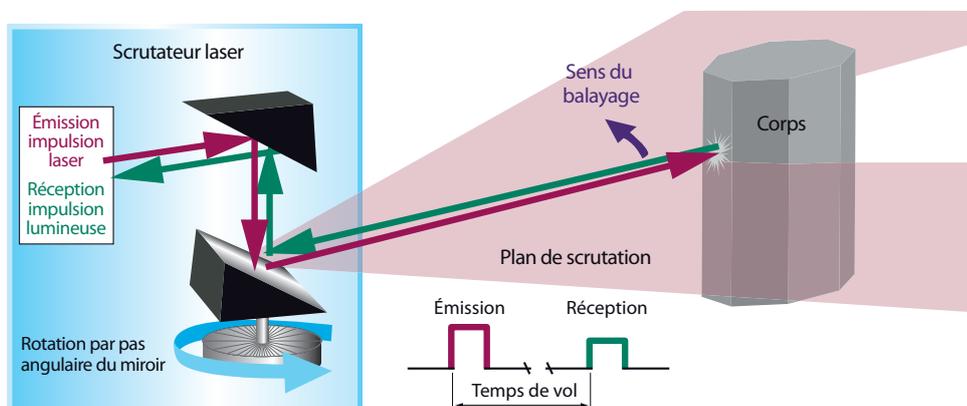


Figure 31. Principe de fonctionnement d'un AOPDDR

Le temps de réponse

Les temps de réponse minimaux constatés sur ce type de dispositif varient de 80 ms à 280 ms selon le modèle et le fournisseur. Cependant, un même dispositif peut, selon la configuration, voir son temps de réponse augmenter de façon importante, jusqu'à dépasser 500 ms.

Le temps de réponse est proportionnel au temps de balayage. Le temps de balayage permet d'accroître la disponibilité du dispositif en assurant une fonction de filtrage, mais au détriment du temps de réponse.

La réflectance

Elle caractérise le rapport de l'intensité de l'onde incidente à celle de l'onde réfléchie par un obstacle. La nature, mais aussi, et surtout, la couleur de l'obstacle peuvent influencer sur l'intensité de l'onde réfléchie. Un vêtement noir présente un indice de réémission faible, ce qui peut altérer les performances de détection du dispositif. Il est donc indispensable de s'assurer que les indices de réémission des tenues de travail sont compatibles avec les préconisations des fournisseurs qui sont données sous forme d'abaques.

• Niveau de sécurité

Les technologies mises en œuvre à ce jour permettent de proposer des dispositifs AOPDDR de type 3/PL d/SIL 2. Il incombe à l'utilisateur et/ou à l'installateur de vérifier que ce type convient à l'application visée. Dans le cadre d'une démarche globale de réduction des risques, l'utilisateur et/ou le concepteur devra vérifier que cette caractéristique de sécurité lui permet d'atteindre le niveau de performance requis pour la fonction.

• Caractéristiques dimensionnelles du produit

Les AOPDDR sont des dispositifs relativement encombrants. Selon l'application visée, les critères d'encombrement et de poids peuvent devenir décisifs dans le choix d'un tel dispositif. Les moins encombrants mesurent environ 100 x 150 x 100 mm pour un poids d'environ 1 kg. Ils peuvent atteindre 4,5 kg lorsque les dimensions avoisinent 150 x 200 x 150 mm.

• Caractéristiques environnementales

En dehors des caractéristiques communes à l'ensemble des SPE (voir p. 26), les caractéristiques environnementales à prendre en considération sont identiques à celles évoquées pour les AOPD, à savoir les conditions de luminosité, de visibilité et d'humidité (voir p. 29).

• Caractéristiques d'implantation

Les principaux dispositifs disponibles sont compatibles avec une utilisation en position horizontale et verticale (voir figure 33).

La flexibilité offerte par ces dispositifs quant à la forme de la zone de détection effective permet également d'envisager, dans certains cas, des fonctions de discrimination objet/personne comme celle illustrée en figure 34.

• Fonctionnalités – Modes de fonctionnement

Surveillance des contours de référence

La fonction de surveillance des contours de référence (par exemple, le sol dans les applications verticales ou les murs dans les applications horizontales) empêche tout désalignement du dispositif. Lorsque, suite à des vibrations ou à un choc, ces valeurs diffèrent de la configuration initialement programmée, le dispositif positionne ses sorties en sécurité.

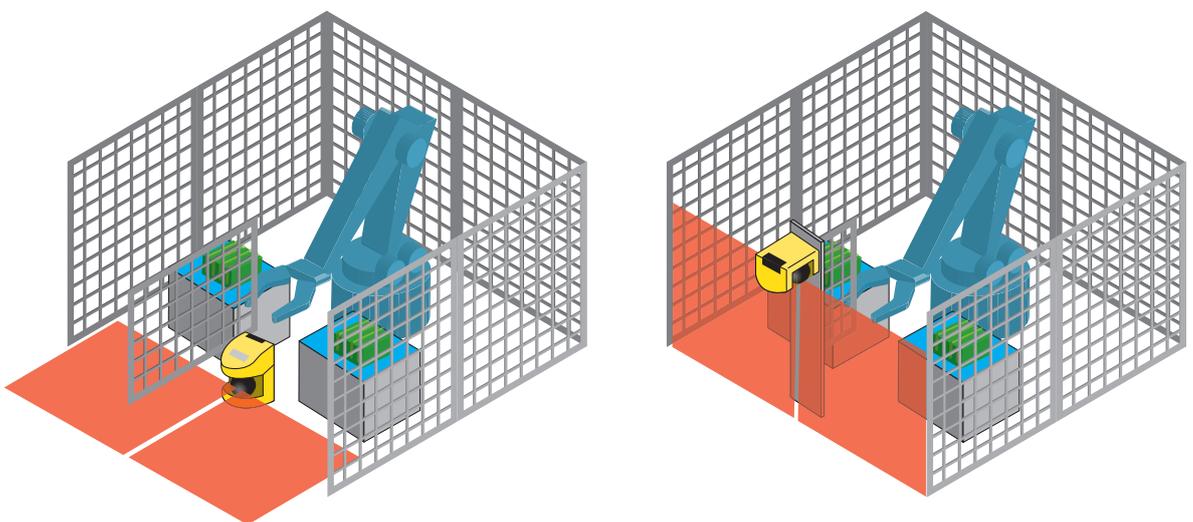


Figure 33. Implantations possibles d'un AOPDDR

Mode de démarrage/redémarrage

Les modes de démarrage et de redémarrage sont identiques à ceux existants sur les AOPD (voir p. 31).

Fonction de filtrage

Cette fonction, qui vise à augmenter la disponibilité de l'installation en diminuant le nombre de détections intempestives dues à la présence de particules dans l'air, consiste à augmenter le nombre de détections successives avant le passage à l'état inactif des sorties.

La mise en œuvre de la fonction de filtrage conduit à une augmentation du temps de réponse qui peut, dans certains cas, être multiplié par 10.

Commutation de paires de champ

Certains dispositifs offrent la possibilité de réaliser une fonction dite « commutation de paires de champ ». Il est alors possible de configurer plusieurs zones de détection effectives puis, par l'intermédiaire d'entrées dédiées, de les commuter en fonction de la phase de travail dans laquelle on se trouve (voir figure 33).

EDM (External Device Monitoring)

Cette fonction est identique à celle évoquée pour les AOPD (voir p. 31).

Indicateur de mesure d'encrassement

Cette fonction est identique à celle évoquée pour les AOPD (voir p. 30).

• **Mise en œuvre – Applications typiques – Préconisations**

La mise en œuvre d'un AOPDDR impose le respect d'une distance de sécurité. Il est donc important de vérifier que l'implantation prévue respecte cette valeur minimale.

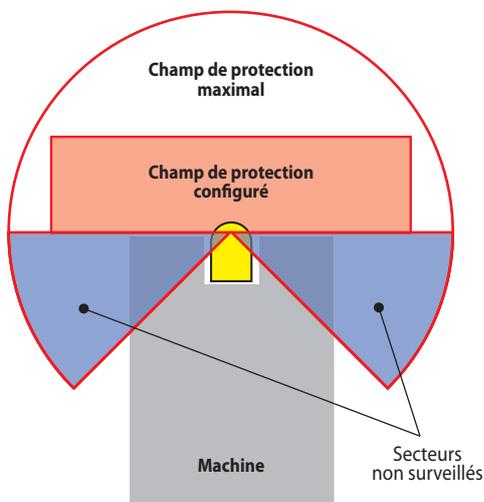


Figure 35. Zones non surveillées

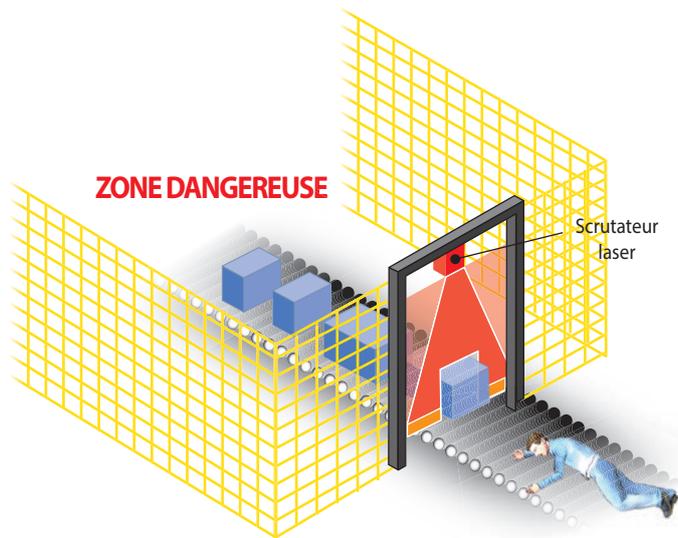


Figure 34. Discrimination objet/personne

Pour cela, l'utilisateur ou le concepteur pourra consulter la norme NF EN ISO13855.

La zone de détection des AOPDDR étant un plan, il est indispensable, lors d'une installation en position horizontale, de s'assurer que la hauteur d'installation est adaptée à la partie du corps que l'on cherche à détecter. Elle ne devra en aucun cas excéder 1 000 mm (NF EN ISO 13855).

Des zones non surveillées peuvent subsister à proximité du dispositif de protection. Il est indispensable de s'assurer que les zones non surveillées sont rendues inaccessibles soit par montage (encastrement, positionnement...), soit par la mise en place de mesures complémentaires (voir figure 35).

Il est possible de définir des zones de détection de telle façon que des obstacles (poteaux...) ne soient pas pris en compte par le dispositif. Néanmoins, il est à noter que toute personne située dans l'ombre d'un objet ou d'un obstacle ne sera pas détectée par le dispositif et que, par conséquent, la distance séparant la personne de la zone dangereuse peut être inférieure à la distance de sécurité (voir figure 36).

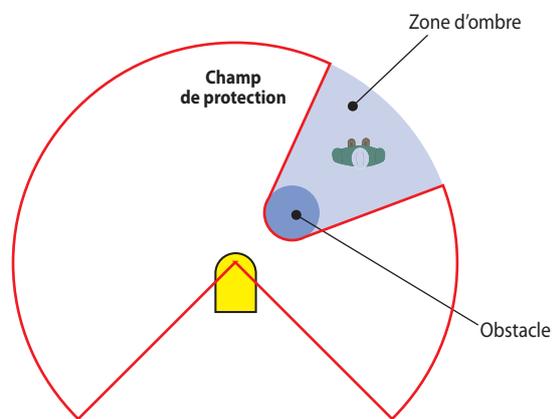


Figure 36. Situation de masquage

La présence d'objets présentant une réflectance élevée (objets de couleur claire et brillante, par exemple) dans la zone ou à proximité de celle-ci peut conduire à une occultation partielle de la zone de détection, à des déviations du faisceau ou à des erreurs d'estimation de la mesure de distance.

La présence d'objets présentant une réflectance élevée dans la zone ou à proximité de celle-ci peut altérer les performances du dispositif.

Compte tenu des imprécisions possibles dans la mesure de distances, en particulier celles évoquées ci-dessus, il est nécessaire de surdimensionner la valeur du champ de protection configuré.

Les dimensions du champ de protection configuré par l'utilisateur doivent prendre en compte non seulement la distance de sécurité, mais aussi des marges de sécurité complémentaires fournies par le constructeur, dues aux imprécisions de mesure possibles.

Interférences mutuelles entre équipements

Comme pour les AOPD, il est nécessaire de suivre les consignes d'installation de façon à éviter les éventuelles interférences mutuelles entre équipements pouvant conduire à une dégradation de la fonction de détection.

LES DISPOSITIFS DE PROTECTION SENSIBLES À LA PRESSION

Parmi les dispositifs sensibles à la pression, on distingue les tapis, les pare-chocs, les bords, plaques, câbles et analogues. Les principes généraux de conception de ces dispositifs sont référencés dans la norme NF EN ISO 13856 parties 1⁴, 2⁵ et 3⁶.



1. Les tapis et planchers sensibles à la pression

Du point de vue normatif, la distinction existante entre tapis et plancher sensible réside sur le mode de déformation de la surface sensible : la surface sensible du tapis se déforme localement tandis que celle du plancher se déforme dans sa totalité.

La présence d'une personne sur le tapis ou le plancher doit entraîner une déformation, locale ou totale, suffisante pour déclencher une détection (voir figure 37).

Le principe de mesure de la déformation pourra être différent selon la technologie mise en œuvre par le tapis ou le plancher. Il peut s'agir, par exemple, d'une mesure de résistance de contact entre deux plaques conductrices.

• Caractéristiques de détection

La géométrie et la taille de la zone de détection

La zone de détection sur un tapis ou un plancher sensible n'est pas paramétrable, néanmoins les fournisseurs proposent des tapis ou planchers sensibles de taille et de forme très variées (voir figure 38).

Il est à noter que certains de ces dispositifs peuvent présenter des zones inactives en bordures de tapis.

La surface sensible effective d'un tapis peut, selon le fournisseur, la technologie ou le modèle, être réduite par rapport à la surface totale du tapis.

La capacité de détection

Elle est caractérisée par les forces d'actionnement minimales et les modes d'application permettant de garantir la détection des personnes pesant plus de 35 kg.



Figure 37. Principe de fonctionnement d'un tapis sensible

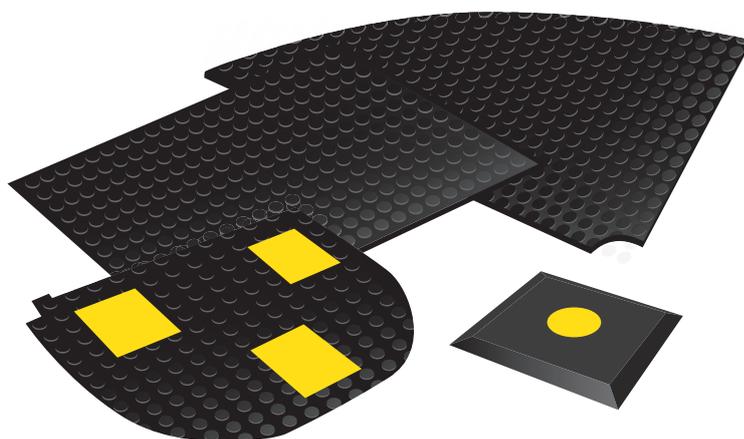


Figure 38. Exemples de tapis sensible de formes diverses

Le temps de réponse

La norme NF EN ISO 13856-1 applicable à ces dispositifs impose un temps de réponse inférieur à 200 ms. Le temps de réponse constaté, correspondant au temps écoulé entre le début de l'application de la force sur la surface sensible effective et la commande d'arrêt de l'interface de sortie, est généralement inférieur à 25 ms.

4. NF EN ISO 13856-1 – 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. AFNOR, 2013, 61 p.

5. NF EN ISO 13856-2 – 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. AFNOR, 2013, 71 p.

6. NF EN ISO 13856-3 – 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. AFNOR, 2013, 71 p.

• Niveau de sécurité

À noter que, selon la technologie retenue, il est possible de trouver des produits présentant des niveaux de sécurité $PL = e$. Il incombe à l'utilisateur et/ou à l'installateur de vérifier que ce niveau de sécurité convient à l'application visée. Dans le cadre d'une démarche globale de réduction des risques, l'utilisateur et/ou le concepteur devra vérifier que cette caractéristique de sécurité lui permet d'atteindre le niveau de performance requis pour la fonction.

• Caractéristiques environnementales

En dehors des caractéristiques communes à l'ensemble des SPE (voir p. 26).

La résistance mécanique

Le premier paramètre à prendre en compte pour qualifier la résistance mécanique d'un dispositif de protection sensible à la pression est la charge mécanique maximale admissible par le tapis ou le plancher. Elle est définie à la fois par une valeur représentative d'une charge statique, mais également d'une charge due à la circulation de véhicules tels qu'un chariot à fourche. Le second paramètre désigne le nombre maximal d'actionnements pour lesquels le fonctionnement du dispositif est assuré.

La résistance chimique

Les fournisseurs de dispositifs de protection sensibles à la pression fournissent des indications sur la résistance chimique de leur produit et, plus particulièrement, du revêtement. On entend par résistance chimique, l'aptitude du dispositif à résister à certains produits chimiques tels que les huiles, les solvants, les liquides de coupe...

• Fonctionnalités – Modes de fonctionnement

Mode de démarrage/redémarrage

Les modes de démarrage et de redémarrage sont identiques à ceux existants sur les AOPD (voir p. 31).

• Mise en œuvre – Applications typiques – Préconisations

La mise en œuvre d'un tapis ou d'un plancher sensible dans le cadre d'une fonction de détection de franchissement impose le respect d'une distance de sécurité. Il est donc important de vérifier que l'implantation prévue respecte cette valeur minimale. Pour cela, l'utilisateur ou le concepteur pourra consulter la norme NF EN ISO13855. Dans le cas d'une fonction de détection de présence, la prise en compte du temps de réponse n'a pas de sens.

Ces dispositifs permettent la détection de présence d'une personne. Toute présence d'un objet sur le tapis de façon permanente entraîne une activation de la détection. Il est donc nécessaire de s'assurer que la zone à protéger ne sera jamais utilisée comme zone de stockage, par exemple.

Lors de la combinaison de plusieurs tapis sensibles, il est indispensable de s'assurer que la zone morte résultant de cette combinaison ne génère pas de chemin d'accès à la zone dangereuse (voir figure 39).

En vue de ne pas affecter les performances de détection, le sol à l'emplacement du tapis doit être plan, propre et sec.

Les moyens de fixation existants peuvent varier en fonction du fournisseur. Il est donc recommandé de consulter et de respecter ses préconisations de façon à permettre une fixation optimale du ou des tapis. Celle-ci est traditionnellement assurée par des rails de fixation pouvant également assurer la fonction d'antitribuement et le passage des câbles.

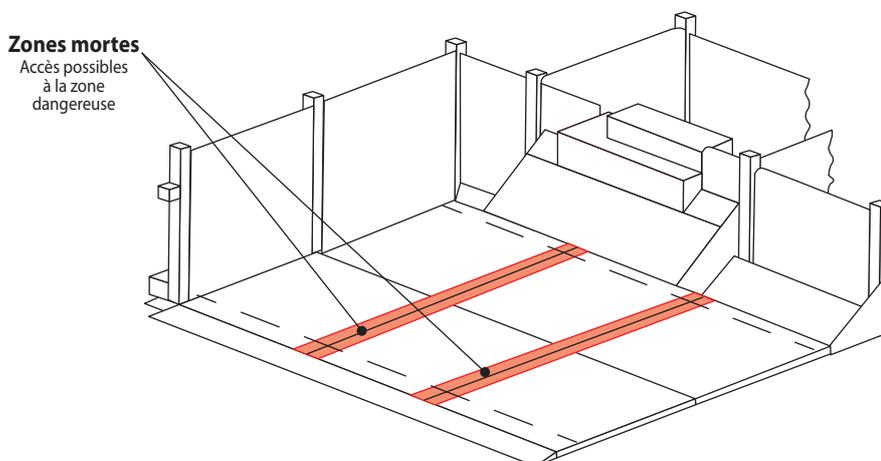


Figure 39. Illustration de zones mortes



2. Les barres et bords sensibles à la pression

Les barres et les bords analogues sensibles à la pression ont de nombreuses similitudes. Ce sont des équipements de protection sensibles du type « dispositif à commande mécanique » comprenant un ou plusieurs capteurs, une unité de commande et une ou plusieurs interfaces de sorties, destinés à détecter une personne ou une partie de son corps (voir figure 40).

La principale différence entre les barres et les bords réside sur le mode de déformation de la surface sensible. Pour un bord, le champ sensible est déformé localement pour actionner le ou les capteurs, alors que pour une barre, le champ sensible effectif se déplace dans sa totalité pour actionner le ou les capteurs. Le principe de mesure de la déformation pourra être différent selon la technologie mise en œuvre par le bord ou la barre.

• Caractéristiques de détection

La géométrie et la taille de la zone de détection

La géométrie de la zone de détection se traduit par une surface sensible effective dont la forme dépend de celle du profilé caoutchouc et de l'implantation du capteur dans celui-ci. Il peut prendre des formes diverses (voir figure 41).

À noter que la surface sensible effective ne correspond pas toujours à la surface totale du bord sensible. Il existe des surfaces mortes pour lesquelles aucune détection n'est possible quelle que soit la déformation appliquée. La zone de détection se résume traditionnellement à un segment dont la longueur peut atteindre, selon la technologie, une vingtaine de mètres. Certains fournisseurs proposent des matériaux plus souples permettant de créer des zones de détection courbes.

La surface sensible effective d'une barre (ou d'un bord) peut, selon le fournisseur, la technologie ou le modèle, être réduite par rapport à la surface totale de la barre (ou du bord).

La capacité de détection

Les bords et les barres sensibles à la pression sont conçus de sorte que la force/pression appliquée sur une personne ou des parties du corps ne dépasse pas certaines limites en cas de risque de pincement ou d'écrasement par un protecteur mobile par exemple. La capacité de détection peut être caractérisée par une courbe force/course qui permet, notamment, de déterminer la pré-course et la sur-course disponibles.

Le temps de réponse

Le temps de réponse correspond au temps écoulé entre le début de l'application de la force sur la zone sensible effective et le basculement de la commande d'arrêt

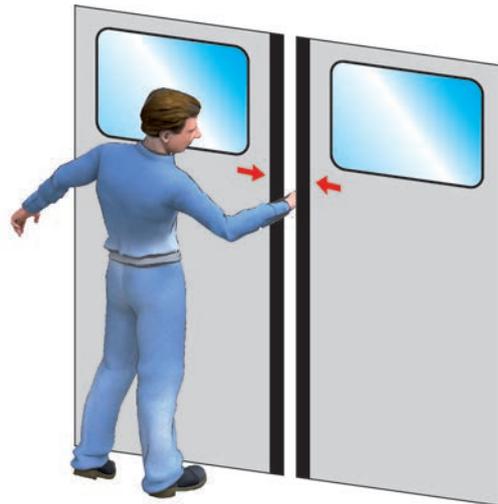


Figure 40. **Bord sensible à la pression**

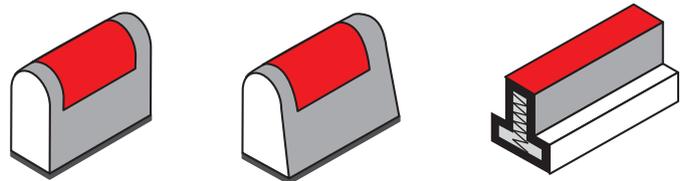


Figure 41. **Exemples de géométrie de zone de détection**

de l'interface de sortie. Dans le cas des barres et bords sensibles, il est très variable, car dépendant à la fois de la technologie mise en œuvre, du matériau constituant le capteur ainsi que de sa géométrie et, particulièrement, de la pré-course. Plus cette dernière sera importante, plus le temps de réponse sera grand. Les temps de réponse couramment constatés peuvent varier de quelques dizaines de millisecondes à plusieurs centaines de millisecondes.

• Niveau de sécurité

Il existe des bords et barres sensibles de niveau de sécurité PLd. Il incombe à l'utilisateur et/ou à l'installateur de vérifier que ce niveau de sécurité convient à l'application visée. Dans le cadre d'une démarche globale de réduction des risques, l'utilisateur et/ou le concepteur devra vérifier que cette caractéristique de sécurité lui permet d'atteindre le niveau de performance requis pour la fonction.

• Caractéristiques environnementales

En dehors des caractéristiques communes à l'ensemble des SPE (voir p. 26), il est nécessaire de considérer, dans le cas des barres et des bords, les caractéristiques de résistance mécanique et chimique déjà évoquées pour les tapis sensibles (voir p. 38).

• Fonctionnalités – Modes de fonctionnement

Combinaison de dispositifs

Il est possible sur certains modèles de connecter plusieurs bords ou barres sensibles permettant ainsi de créer des formes particulières de détection, ou tout simplement d'étendre la longueur de la zone sensible.

Lors de la mise en œuvre de barres ou de bords sensibles présentant des formes particulières, il est nécessaire de s'assurer qu'il ne subsiste pas de zone morte due à la combinaison de plusieurs éléments sensibles, comme les coins (voir figure 42).

Mode de démarrage/redémarrage

Les modes de démarrage et de redémarrage sont identiques à ceux existants sur les AOPD (voir p. 31).

• Mise en œuvre – Applications typiques – Préconisations

Les barres et les bords sensibles peuvent être utilisés pour la protection contre les risques de cisaillement ou d'écrasement, notamment pour les protecteurs de machines, les tables élévatoires, les machines d'emballage, les systèmes de palettisation et de dépalettisation (voir figure 43).

La détection ne se produisant qu'à partir du moment où le contact a eu lieu, le choix d'un tel équipement de protection ne fait plus intervenir la notion de distance de sécurité, mais prend en compte la vitesse de déplacement, la pré-course et la force maximale admissible. L'annexe C de la norme NF EN ISO 13856-2 détaille le mode de calcul à suivre lorsqu'on envisage l'utilisation d'un bord ou d'une barre sensible.

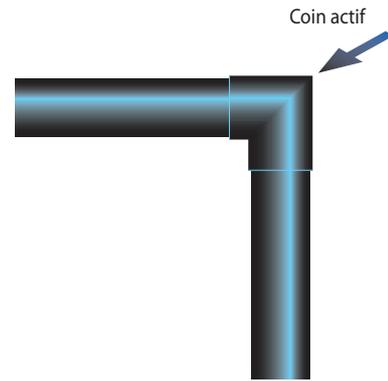


Figure 42. Illustration d'un coin actif sur bord sensible



Figure 43. Table élévatoire équipée d'un bord sensible



3. Les pare-chocs, plaques et dispositifs analogues sensibles à la pression

Les pare-chocs sensibles à la pression présentent de grandes similitudes avec les barres et les bords sensibles, mais possèdent une section transversale généralement supérieure à 80 mm (voir figure 44).

Les plaques sensibles à la pression disposent généralement d'une surface sensible plane et rigide, généralement articulée sur un axe dont la position angulaire est contrôlée en vue de déterminer l'activation de la fonction de détection (voir figure 45).

Les câbles sensibles à la pression sont des dispositifs de protection intégrant un capteur et un câble, ou un fil mis en tension. La variation de la tension est détectée pour déclencher un signal de sortie (voir figure 46).

• Caractéristiques de détection

La géométrie et la taille de la zone de détection

Concernant les pare-chocs sensibles, la géométrie de la zone de détection se traduit par une surface sensible effective dont la forme dépend de celle du profilé caoutchouc et de l'implantation du capteur dans celui-ci. Comme pour les barres sensibles, il existe des surfaces mortes pour lesquelles aucune détection n'est possible, quelle que soit la déformation appliquée.

La géométrie de la zone de détection d'une plaque sensible est liée à la forme de la surface sensible qui est généralement plane, dans le cas des plaques sensibles. Compte tenu de la diversité des besoins rencontrés, les plaques sensibles sont généralement réalisées sur mesure.

La taille de la zone de détection d'un câble sensible à la pression est définie par la portée du dispositif. Selon les modèles, il est possible d'envisager des portées allant jusqu'à 100 m avec un seul interrupteur.

La capacité de détection

Les pare-chocs sensibles à la pression sont conçus de sorte que la force/pression appliquée sur une personne ou des parties du corps ne dépasse pas certaines limites en cas de risque de pincement ou d'écrasement par un protecteur mobile par exemple. La capacité de détection peut être caractérisée, pour une vitesse de déplacement de la partie mobile donnée, par une courbe force/course qui permet, notamment, de déterminer la distance d'actionnement et la sur-course disponibles.

Comme pour les dispositifs de protection optoélectroniques, la capacité de détection d'une plaque sensible traduit le diamètre du plus petit cylindre entraînant une détection.

Les dispositifs à câbles sont conçus de manière à ce qu'en cas de déflexion du câble d'actionnement ou de rupture, un état d'arrêt de la machine soit généré. La capacité de détection d'un tel dispositif est donc caractérisée par

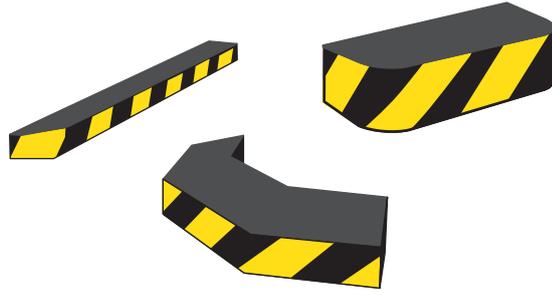


Figure 44. Exemple de pare-chocs sensibles à la pression

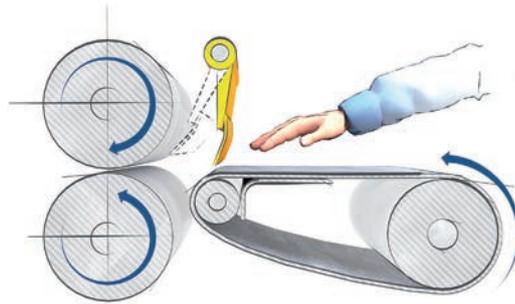


Figure 45. Exemple de plaque sensible à la pression

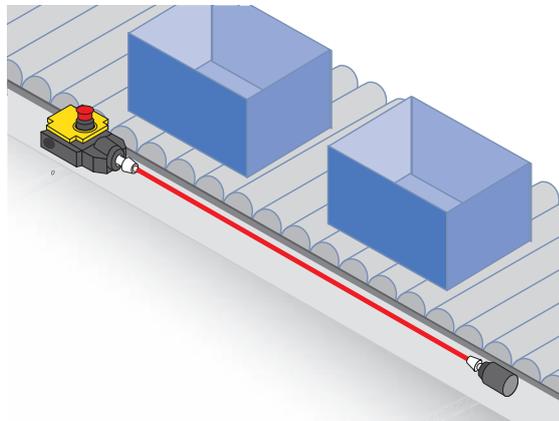


Figure 46. Exemple de mise en œuvre d'un câble sensible à la pression

l'amplitude de la déflexion et la force nécessaire à l'actionnement du câble.

Le temps de réponse

Pour ces trois dispositifs, le temps de réponse correspond au temps écoulé entre le début de l'application de la force sur la zone sensible effective et le basculement de la commande d'arrêt de l'interface de sortie. Il est très variable, car dépendant à la fois de la technologie mise en œuvre, du matériau constituant le capteur ainsi que de sa

géométrie et, particulièrement, de la distance d'actionnement. Plus cette dernière sera importante, plus le temps de réponse sera grand. Les temps de réponse couramment constatés peuvent varier de quelques dizaines de millisecondes à plusieurs centaines de millisecondes.

• Niveau de sécurité

Le niveau de sécurité pouvant être atteint avec un pare-chocs est PLd/SIL 2.

Le principe de fonctionnement des plaques sensibles et des câbles repose sur l'utilisation d'interrupteurs de sécurité dont la mise en œuvre peut conduire à des niveaux de sécurité pouvant atteindre PLe/SIL 3.

Il incombe à l'utilisateur et/ou à l'installateur de vérifier que ce niveau convient à l'application visée. Dans le cadre d'une démarche globale de réduction des risques, l'utilisateur et/ou le concepteur devra vérifier que cette caractéristique de sécurité lui permet d'atteindre le niveau de performance requis pour la fonction.

• Caractéristiques environnementales

En dehors des caractéristiques communes à l'ensemble des SPE (voir p. 26), il est nécessaire de considérer, dans le cas des pare-chocs, les caractéristiques de résistance mécanique et chimique déjà évoquées pour les tapis sensibles (voir p. 38).



Figure 47. Illustration de la mise en œuvre d'un câble sensible sur une foreuse

• Fonctionnalités – Modes de fonctionnement

Mode de démarrage/redémarrage (pour les pare-chocs)

Les modes de démarrage et de redémarrage sont identiques à ceux existants sur les AOPD (voir p. 31).

Connexion série ou parallèle (pour les pare-chocs)

Il est possible, sur certains modèles, de connecter plusieurs pare-chocs sensibles permettant ainsi de créer des formes particulières de détection, ou tout simplement d'étendre la longueur de la zone sensible dans la limite des tailles maximales spécifiées par le fournisseur.

• Mise en œuvre – Applications typiques – Préconisations

Sur les plaques sensibles, le principe de détection met en œuvre une plaque en mouvement. Il existe un risque d'inhibition ou de blocage de la partie mobile dû, entre autres, à des coincements, à l'encrassement ou encore au grippage des guidages. Il est donc important de prendre en compte ces paramètres lors du choix d'un tel dispositif.

Il est indispensable de s'assurer que la plaque sensible ne présente pas d'arêtes vives, d'angles vifs, de surfaces rugueuses ou tout autre élément pouvant être cause de blessures pour les personnes susceptibles d'entrer en contact avec cette pièce.

Dans l'hypothèse où l'interrupteur de sécurité retenu pour la mise en œuvre de la plaque sensible est de type rotatif, il est à noter que certains fournisseurs proposent des modèles pour lesquels le point de commutation est réglable.

Les câbles sensibles à la pression sont principalement utilisés sur les foreuses ou les convoyeurs à bandes. L'actionnement peut être effectué sur toute la longueur du câble (voir figure 47).

À noter qu'il est possible de connecter différents dispositifs de protection sensibles à la pression en série (voir figure 48). Il est toutefois indispensable de s'assurer de la faisabilité auprès du fournisseur et de prendre en compte ses recommandations quant au temps de réponse résultant de cette association de capteurs.

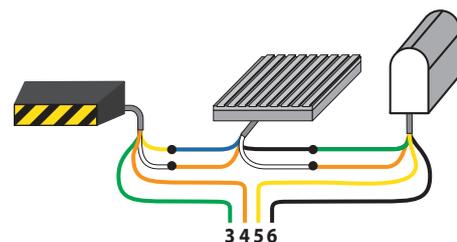


Figure 48. Exemple de connexion de différents dispositifs sensibles

LES DISPOSITIFS DE PROTECTION PAR VISION

La sensibilité des dispositifs de protection par vision aux conditions de luminosité et de visibilité, aux pollutions optiques et aux influences atmosphériques, ne les destine pas à une utilisation en extérieur. Leur usage doit se limiter à des environnements contrôlés. Pour les dispositifs travaillant dans le spectre du visible, il est nécessaire de s'assurer de la faisabilité de recourir à ce type de dispositif, même en environnement contrôlé.

Les dispositifs de protection par vision ou VBPD (*Video Based Protective Device*) sont des équipements de protection sensibles utilisant un capteur image opérant dans le spectre du visible et dans l'infrarouge pour détecter un objet dans un champ visuel défini. Deux principes sont aujourd'hui mis en œuvre par les fabricants :

- Les dispositifs de protection par vision qui utilisent des motifs de référence passifs (VBPDP).
- Les dispositifs de protection par vision qui appliquent des techniques de vision stéréoscopique (VBPDPST).



1. Les dispositifs de protection par vision (VBPDP)

Les dispositifs de protection par vision de type VBPDP comportent un seul dispositif de détection d'image visualisant un motif de référence passif en arrière-plan. Le principe de détection repose sur l'obstruction du motif.

• Caractéristiques de détection

La géométrie et la taille de la zone de détection

Les dimensions maximales généralement rencontrées sont d'environ 1,50 x 1,50 m. La géométrie de la zone de détection peut être relativement complexe (voir figure 49).

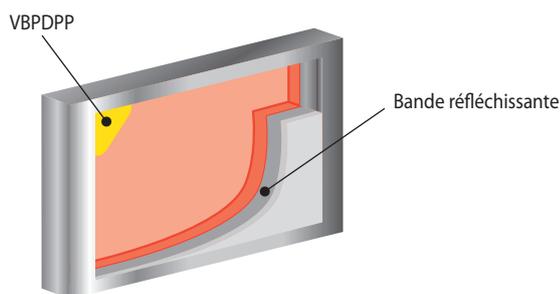


Figure 49. Illustration d'une zone de détection

La capacité de détection

Elle peut varier selon les modèles et les fournisseurs. Il est possible de trouver des dispositifs proposant une capacité de détection comprise entre 20 mm et 40 mm.

Le principe de détection reposant sur l'émission et la réception d'un faisceau infrarouge, la capacité de détection varie en fonction de la taille de la zone de détection.

Le temps de réponse

Les temps de réponse minimaux constatés sur ce type de dispositif sont de l'ordre de 20 ms.

• Niveau de sécurité

Selon le fournisseur et le modèle, les solutions proposées revendiquent soit le type 2/PLC/SIL 1 ou le type 3/PLD/SIL 2. Il incombe à l'utilisateur et/ou à l'installateur de vérifier que ce type convient à l'application visée.

Dans le cadre d'une démarche globale de réduction des risques, l'utilisateur et/ou le concepteur devra vérifier que cette caractéristique de sécurité lui permet d'atteindre le niveau de performance requis pour la fonction.

• Caractéristiques dimensionnelles du produit

Ce sont des dispositifs relativement peu encombrants. Les dimensions sont généralement inférieures à 100 x 100 x 50 mm.

• Caractéristiques environnementales

En dehors des caractéristiques communes à l'ensemble des SPE (voir p. 26), les caractéristiques environnementales à prendre en compte sont identiques à celles évoquées pour les AOPD, à savoir les conditions de luminosité et de visibilité (voir p. 29).

• Caractéristiques d'implantation

Il est nécessaire que la zone d'accès que l'on souhaite protéger soit matérialisée par un cadre rigide, permettant ainsi de fixer la caméra et de délimiter la zone de détection maximale par la mise en place d'un motif de référence sur le contour de cette zone.

Si la zone de détection d'une caméra n'est pas suffisante, il est possible, sous réserve du respect des recommandations

du constructeur, d'utiliser plusieurs caméras, comme représenté dans la *figure 50*.

• **Fonctionnalités – Modes de fonctionnement**

Mode de démarrage/redémarrage

Les modes de démarrage et de redémarrage sont identiques à ceux existants sur les AOPD (voir p. 31).

EDM (External Device Monitoring)

Cette fonction est identique à celle évoquée pour les AOPD (voir p. 31).

• **Mise en œuvre – Applications typiques – Préconisations**

La mise en œuvre d'un VBDPPP impose de respecter une distance minimale de sécurité. Pour cela, l'utilisateur ou le concepteur pourra consulter la norme NF EN ISO13855.

Il faut s'assurer que la zone d'accès à protéger ne présente pas d'angle concave qui risquerait de générer des zones mortes (voir *figure 51*).

La présence d'un motif de référence délimitant la zone de détection doit être assurée conformément aux recommandations du constructeur, en particulier au niveau des

jointures lorsqu'il s'agit d'une bande réfléchissante. Cette dernière doit être collée sur le cadre, perpendiculairement à l'axe optique de la caméra; seul un léger décentrage est toléré.

Il faut s'assurer de la mise en place minutieuse du motif de référence matérialisant la zone de détection.

Il est recommandé de s'assurer que la mise en œuvre du VBDPPP et, en particulier sa fixation, permet d'éviter toute présence de zones mortes non couvertes par le dispositif (voir *figure 52*).

Après installation, il est nécessaire de vérifier l'absence de zones mortes et de s'assurer que la pige de test est bien détectée en tout point de la zone.

Le port de vêtement réfléchissant peut conduire à des non-détections. En effet, le vêtement peut intervenir comme réflecteur en lieu et place de la bande réfléchissante.

Tout port de vêtement réfléchissant par l'opérateur est incompatible avec l'usage de ce type de dispositif.

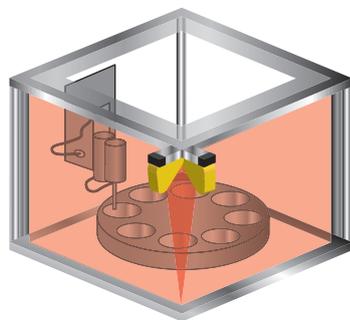


Figure 50. Exemple d'implantation de plusieurs VBDPPP

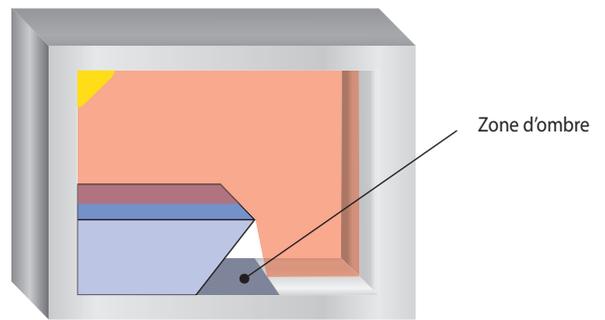


Figure 51. Exemple de zone morte

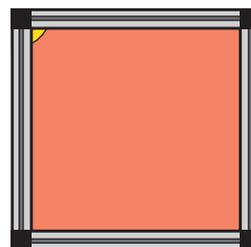
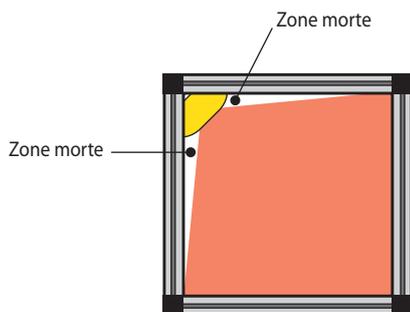


Figure 52. Recommandation de montage d'un VBDPPP



2. Les dispositifs de protection par vision (VBPDSST)

Le principe de fonctionnement des dispositifs de protection par vision qui appliquent des techniques de vision stéréoscopique (VBPDSST) est basé sur l'évaluation d'images représentant une même scène mais provenant de points de vue différents.

Après acquisition des images en temps réel, des algorithmes de traitement du signal permettent d'évaluer la distance à laquelle se situent les objets présents dans la scène et ainsi de déterminer si l'un d'eux est contenu dans la zone de détection. Par l'intermédiaire d'un ordinateur connecté à l'unité de traitement, l'utilisateur peut définir des volumes de détection au travers d'une interface graphique.

• Caractéristiques de détection

La géométrie et la taille de la zone de détection

La taille de la zone de détection dépend à la fois de l'angle d'ouverture des capteurs d'images et de la hauteur à laquelle ils sont installés.

La géométrie des zones de détection peut être définie par l'utilisateur en fonction de la situation de travail traitée, mais elle reste néanmoins inscrite dans le champ de détection maximal du dispositif, représenté sous forme d'une pyramide, dont la base peut atteindre 70 m² pour une hauteur d'installation d'environ 7,5 m (voir figure 53).

La capacité de détection

La capacité de détection de ce type de dispositif varie en fonction de la hauteur d'installation. À ce jour, les dispositifs existants proposent des capacités de détection variant entre 40 mm (détection bras) et 200 mm (détection corps).

La capacité de détection varie en fonction de la portée souhaitée.

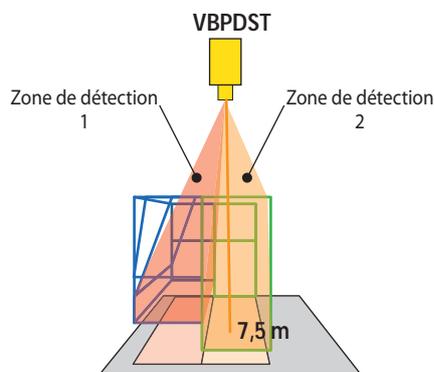


Figure 53. Exemples de volume de détection

Le temps de réponse

Les temps de réponse constatés sur ce type d'équipement peuvent varier de 150 ms à environ 2 000 ms. Les principaux facteurs qui influent sur la valeur du temps de réponse sont le temps de calcul alloué à l'unité de traitement pour la recherche d'objet dans la zone sur une image à un instant donné, ainsi que le nombre de détections successives devant être constatées avant le passage à l'état inactif des sorties du dispositif.

Le temps de réponse peut varier d'un facteur 10 en fonction de la configuration retenue pour le temps de calcul et pour le filtrage.

• Niveau de sécurité

Les dispositifs existants sur le marché revendiquent des niveaux de sécurité type 3/PLd/SIL 2. Il incombe à l'utilisateur et/ou à l'installateur de vérifier que ce type convient à l'application visée. Dans le cadre d'une démarche globale de réduction des risques, l'utilisateur et/ou le concepteur devra vérifier que cette caractéristique de sécurité lui permet d'atteindre le niveau de performance requis pour la fonction.

• Caractéristiques environnementales

En complément aux caractéristiques communes à l'ensemble des SPE (voir p. 26), les caractéristiques environnementales à prendre en compte sont les suivantes.

Conditions de luminosité

Les dispositifs VBPDSST existants sur le marché utilisent des capteurs d'images travaillant dans le domaine du visible; ils sont donc sensibles aux conditions de luminosité ambiante. Ils disposent d'une fonction de surveillance de luminosité ambiante qui, lorsque celle-ci devient trop faible, active les sorties du dispositif.

Les valeurs d'intensité lumineuse minimales sont variables et dépendent de la configuration du dispositif, de la capacité de détection, et du contraste entre l'objet à détecter et son environnement. À titre d'exemple, les valeurs d'intensité lumineuse minimales constatées peuvent varier de 15 lux à 1600 lux en fonction des paramètres évoqués ci-dessus.

Conditions de visibilité, pollutions optiques

Comme tous dispositifs optiques, la présence de poussières, de fumées, de vapeurs ou de toutes autres impuretés atmosphériques peut entraîner des déclenchements intempestifs. Leur disponibilité peut donc être fortement réduite en présence d'un des phénomènes mentionnés ci-dessus.

Humidité, condensation

Les conditions d'humidité, et surtout les phénomènes de condensation en résultant, peuvent influencer sur les

performances de détection du dispositif et entraîner des détections intempestives.

Les VBPDST, travaillant dans le domaine du visible, sont particulièrement sensibles aux conditions de luminosité, de visibilité, aux pollutions optiques et aux influences atmosphériques. Leur utilisation n'est envisageable que dans des environnements très contrôlés.

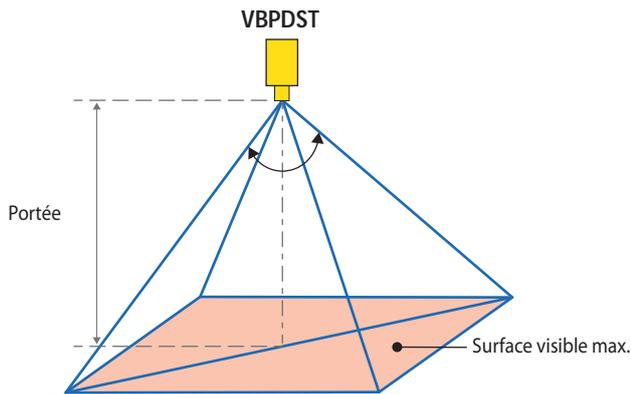


Figure 54. Exemple d'installation d'un VBPDST au-dessus de la zone à surveiller

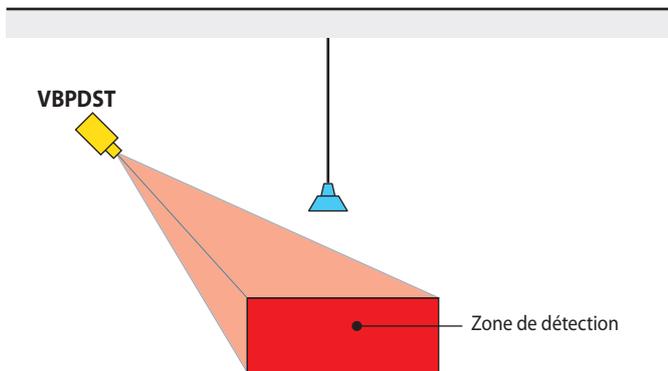


Figure 55. Exemple d'installation d'un VBPDST décalé par rapport à la zone à surveiller

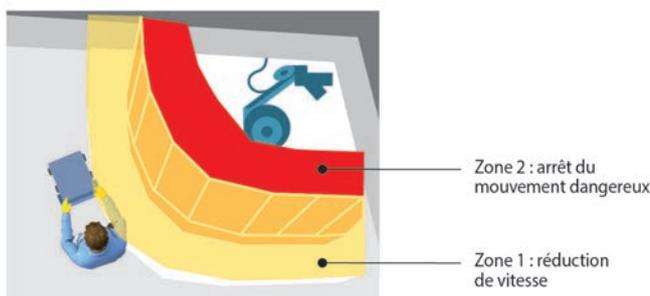


Figure 56. Exemple de zones de détection multiples

• Caractéristiques d'implantation

La zone à surveiller doit se trouver entièrement dans l'espace couvert par le dispositif. Pour cela, une installation de l'unité contenant les caméras au-dessus de la zone à surveiller est à privilégier (voir figure 54).

Néanmoins, en cas d'impossibilité, il est possible de décaler l'unité contenant les caméras (voir figure 55).

• Fonctionnalités – Modes de fonctionnement

La liste ci-dessous recense les principales fonctionnalités proposées par les dispositifs VBPDST.

Zones de détection multiples

Au travers d'une interface graphique, il est possible de définir plusieurs zones de détection. Les géométries de chacune des zones peuvent être très différentes. Chacune des zones ainsi créées peut être gérée de façon autonome ou par groupe de zones. Il est ainsi envisageable de créer une zone lointaine pour laquelle toute intrusion entraîne, par exemple, une réduction de vitesse du mouvement dangereux. Puis, lorsque l'intrusion se produit dans la zone proche, le mouvement est arrêté (voir figure 56).

Commutation de zones

Certains dispositifs offrent la possibilité de réaliser une fonction dite « commutation de paires de champ ». Il est alors possible de configurer plusieurs zones de détection effectives puis de les commuter à la demande.

Mode de démarrage/redémarrage

Les modes de démarrage et de redémarrage sont identiques à ceux existants sur les AOPD (voir p. 31).

• Mise en œuvre – Applications typiques – Préconisations

La mise en œuvre d'un VBPDST impose de respecter une distance minimale de sécurité. Pour cela, l'utilisateur ou le concepteur pourra consulter la norme NF EN ISO13855.

La mise en place de plusieurs marques de références est nécessaire au bon fonctionnement de ce type de dispositif. Elles permettent à l'unité de traitement de détecter d'éventuels décalages ou pivotements de l'unité contenant les caméras. Il est indispensable de les maintenir en place de façon permanente et de s'assurer qu'elles ne seront pas couvertes durant le fonctionnement de la machine.

Définition des zones de détection

Les zones de détection sont des volumes qui doivent être inscrits dans le champ maximal de détection matérialisé par une pyramide. Deux limites sont à prendre en compte lors de la création de ces zones : un volume situé au sommet de la pyramide de détection et un volume situé à proximité du plan de référence (sol) (voir figure 57).

Les volumes de détection doivent être inscrits dans le champ de détection effectif et respecter certaines valeurs dimensionnelles minimales.
Il existe une zone située au sommet de la pyramide de détection dans laquelle la détection n'est pas assurée.

Lors de la mise en œuvre d'un tel dispositif, il faut s'assurer que l'emplacement envisagé pour l'installation de l'unité contenant les caméras est tout d'abord compatible avec les recommandations de montage du constructeur, telles que la hauteur minimale, mais aussi qu'il ne présente aucun risque de masquage de zone, dû à la présence d'objet, même transparent, entre les caméras et la zone de détection sélectionnée (voir figure 58).

Il est indispensable de s'assurer que la configuration retenue pour l'installation ne présente pas de risque de masquage.

La nature et la forme des objets peuvent également avoir un impact sur les performances du dispositif. Il est nécessaire de s'assurer que la situation de travail est compatible avec les exigences concernant les objets qui doivent être préférentiellement bombés, qui ne doivent pas présenter une forte capacité réfléchissante et qui ne doivent pas être transparents.

Le sol ou l'arrière-plan, selon l'utilisation visée, ne doit pas présenter de structure trop symétrique. La présence de marquage au sol formant un quadrillage ou de caillebotis n'est pas recommandée et peut générer des détections intempestives (voir figure 59).

Compte tenu de la nature optique du dispositif, plusieurs exigences concernant le contraste, la visibilité et l'éclairage sont à prendre en compte lors du choix :

- afin d'assurer un contraste suffisant, il est recommandé d'aménager le sol et/ou l'arrière-plan avec des couleurs claires,
- les conditions d'éclairage doivent être suffisantes et suffisamment contrôlées pour éviter toute détection intempestive. Les variations d'éclairage peuvent être source de détections et donc contribuer à une réduction de la disponibilité de la machine,
- toute présence de vapeurs, poussières, fumées ou autres particules présentes dans la zone de détection peuvent nuire aux performances du dispositif.

Compte tenu de la sensibilité de ces dispositifs aux conditions de luminosité, de visibilité, aux pollutions optiques et aux influences atmosphériques, il est fortement recommandé de s'assurer de la faisabilité de recourir à ce type de dispositif par une analyse de l'environnement de travail.

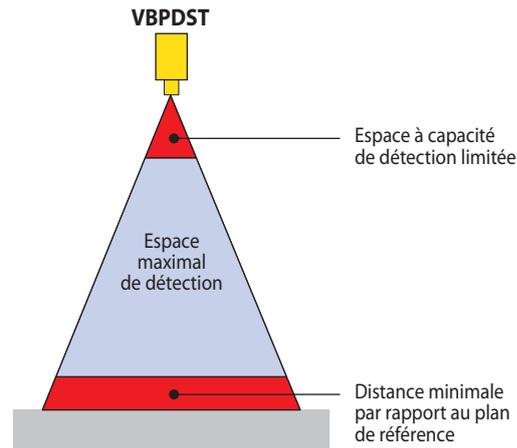


Figure 57. Zones de restriction

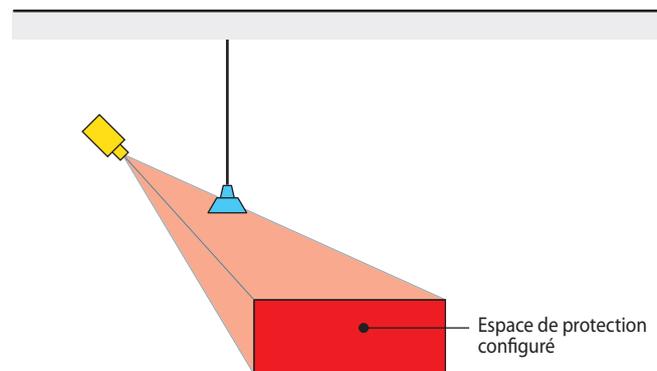


Figure 58. Exemple de situations présentant des masquages



Figure 59. Exemple d'arrière-plan à proscrire

© INRS

Pour obtenir en prêt les audiovisuels et multimédias et pour commander les brochures et les affiches de l'INRS, adressez-vous au service Prévention de votre Carsat, Cram ou CGSS.

Services Prévention des Carsat et Cram

Carsat ALSACE-MOSELLE

(67 Bas-Rhin)
14 rue Adolphe-Seyboth
CS 10392
67010 Strasbourg cedex
tél. 03 88 14 33 00
fax 03 88 23 54 13
prevention.documentation@carsat-am.fr
www.carsat-alsacemoselle.fr

(57 Moselle)
3 place du Roi-George
BP 31062
57036 Metz cedex 1
tél. 03 87 66 86 22
fax 03 87 55 98 65
www.carsat-alsacemoselle.fr

(68 Haut-Rhin)
11 avenue De-Lattre-de-Tassigny
BP 70488
68018 Colmar cedex
tél. 03 69 45 10 12
www.carsat-alsacemoselle.fr

Carsat AQUITAINE

(24 Dordogne, 33 Gironde,
40 Landes, 47 Lot-et-Garonne,
64 Pyrénées-Atlantiques)
80 avenue de la Jallère
33053 Bordeaux cedex
tél. 05 56 11 64 36
fax 05 57 57 70 04
documentation.prevention@
carsat-aquitaine.fr
www.carsat.aquitaine.fr

Carsat AUVERGNE

(03 Allier, 15 Cantal,
43 Haute-Loire,
63 Puy-de-Dôme)
Espace Entreprises
Clermont République
63036 Clermont-Ferrand cedex 9
tél. 04 73 42 70 76
offredoc@carsat-auvergne.fr
www.carsat-auvergne.fr

Carsat BOURGOGNE - FRANCHE-COMTE

(21 Côte-d'Or, 25 Doubs,
39 Jura, 58 Nièvre,
70 Haute-Saône,
71 Saône-et-Loire, 89 Yonne,
90 Territoire de Belfort)
46, rue Elsa Triolet
21044 Dijon cedex
tél. 03 80 33 13 92
fax 03 80 33 19 62
documentation.prevention@carsat-bfc.fr
www.carsat-bfc.fr

Carsat BRETAGNE

(22 Côtes-d'Armor, 29 Finistère,
35 Ille-et-Vilaine, 56 Morbihan)
236 rue de Châteaugiron
35030 Rennes cedex
tél. 02 99 26 74 63
fax 02 99 26 70 48
drpcdi@carsat-bretagne.fr
www.carsat-bretagne.fr

Carsat CENTRE-VAL DE LOIRE

(18 Cher, 28 Eure-et-Loir, 36 Indre,
37 Indre-et-Loire, 41 Loir-et-Cher, 45 Loiret)
36 rue Xaintraillies
45033 Orléans cedex 1
tél. 02 38 81 50 00
fax 02 38 79 70 29
prev@carsat-centre.fr
www.carsat-centre.fr

Carsat CENTRE-OUEST

(16 Charente, 17 Charente-Maritime,
19 Corrèze, 23 Creuse, 79 Deux-Sèvres,
86 Vienne, 87 Haute-Vienne)
37 avenue du président René-Coty
87048 Limoges cedex
tél. 05 55 45 39 04
fax 05 55 45 71 45
cirp@carsat-centreouest.fr
www.carsat-centreouest.fr

Cram ÎLE-DE-FRANCE

(75 Paris, 77 Seine-et-Marne,
78 Yvelines, 91 Essonne,
92 Hauts-de-Seine, 93 Seine-Saint-Denis,
94 Val-de-Marne, 95 Val-d'Oise)
17-19 place de l'Argonne
75019 Paris
tél. 01 40 05 32 64
fax 01 40 05 38 84
demande.de.doc.inrs@cramif.cnamts.fr
www.cramif.fr

Carsat LANGUEDOC-ROUSSILLON

(11 Aude, 30 Gard, 34 Hérault,
48 Lozère, 66 Pyrénées-Orientales)
29 cours Gambetta
34068 Montpellier cedex 2
tél. 04 67 12 95 55
fax 04 67 12 95 56
prevdoc@carsat-lr.fr
www.carsat-lr.fr

Carsat MIDI-PYRÉNÉES

(09 Ariège, 12 Aveyron, 31 Haute-Garonne,
32 Gers, 46 Lot, 65 Hautes-Pyrénées,
81 Tarn, 82 Tarn-et-Garonne)
2 rue Georges-Vivent
31065 Toulouse cedex 9
fax 05 62 14 88 24
doc.prev@carsat-mp.fr
www.carsat-mp.fr

Carsat NORD-EST

(08 Ardennes, 10 Aube, 51 Marne,
52 Haute-Marne, 54 Meurthe-et-Moselle,
55 Meuse, 88 Vosges)
81 à 85 rue de Metz
54073 Nancy cedex
tél. 03 83 34 49 02
fax 03 83 34 48 70
documentation.prevention@carsat-nordest.fr
www.carsat-nordest.fr

Carsat NORD-PICARDIE

(02 Aisne, 59 Nord, 60 Oise,
62 Pas-de-Calais, 80 Somme)
11 allée Vauban
59662 Villeneuve-d'Ascq cedex
tél. 03 20 05 60 28
fax 03 20 05 79 30
bedprevention@carsat-nordpicardie.fr
www.carsat-nordpicardie.fr

Carsat NORMANDIE

(14 Calvados, 27 Eure, 50 Manche,
61 Orne, 76 Seine-Maritime)
Avenue du Grand-Cours, 2022 X
76028 Rouen cedex
tél. 02 35 03 58 22
fax 02 35 03 60 76
prevention@carsat-normandie.fr
www.carsat-normandie.fr

Carsat PAYS DE LA LOIRE

(44 Loire-Atlantique, 49 Maine-et-Loire,
53 Mayenne, 72 Sarthe, 85 Vendée)
2 place de Bretagne
44932 Nantes cedex 9
tél. 02 51 72 84 08
fax 02 51 82 31 62
documentation.rp@carsat-pl.fr
www.carsat-pl.fr

Carsat RHÔNE-ALPES

(01 Ain, 07 Ardèche, 26 Drôme, 38 Isère,
42 Loire, 69 Rhône, 73 Savoie,
74 Haute-Savoie)
26 rue d'Aubigny
69436 Lyon cedex 3
tél. 04 72 91 97 92
fax 04 72 91 98 55
preventionrp@carsat-ra.fr
www.carsat-ra.fr

Carsat SUD-EST

(04 Alpes-de-Haute-Provence,
05 Hautes-Alpes, 06 Alpes-Maritimes,
13 Bouches-du-Rhône, 2A Corse-du-Sud,
2B Haute-Corse, 83 Var, 84 Vaucluse)
35 rue George
13386 Marseille cedex 5
tél. 04 91 85 85 36
fax 04 91 85 75 66
documentation.prevention@carsat-sudest.fr
www.carsat-sudest.fr

Services Prévention des CGSS

CGSS GUADELOUPE

DRPPS Service prévention, Espace Amédée Fengarol
Parc d'activités La Providence, ZAC de Dothémare
97139 Les Abymes - BP 486, 97159 Pointe à Pitre Cedex
tél. 0590 21 46 00 – fax 0590 21 46 13
risques.professionnels@cgss-guadeloupe.cnamts.fr

CGSS GUYANE

Direction des risques professionnels
CS 37015, 97307 Cayenne cedex
tél. 05 94 29 83 04 – fax 05 94 29 83 01
prevention-rp@cgss-guyane.fr

CGSS LA RÉUNION

4 boulevard Doret,
97704 Saint-Denis Messag cedex 9
tél. 02 62 90 47 00 – fax 02 62 90 47 01
prevention@cgss-reunion.fr

CGSS MARTINIQUE

Quartier Place-d'Armes,
97210 Le Lamentin cedex 2
tél. 05 96 66 51 31 et 05 96 66 51 32 – fax 05 96 51 81 54
prevention972@cgss-martinique.fr
www.cgss-martinique.fr

COLLECTION DES AIDE-MÉMOIRE TECHNIQUES

Le risque mécanique est indissociable de l'utilisation d'une machine fixe. La mise en place de mesures de prévention peut mener l'utilisateur ou le concepteur à mettre en place des dispositifs de protection sensibles (SPE) soit dès la conception, soit a posteriori sur les machines en service.

Afin d'aider les utilisateurs et les concepteurs à choisir une solution adaptée à leur besoin, ce document présente une méthode de choix de ces équipements. Il propose également des informations nécessaires à leur mise en œuvre optimale.



Institut national de recherche et de sécurité
pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles
65, boulevard Richard-Lenoir 75011 Paris • Tél. 01 40 44 30 00 • info@inrs.fr

Édition INRS ED 6281

1^{re} édition • septembre 2017 • 2000 ex. • ISBN 978-2-7389-2295-3

► L'INRS est financé par la Sécurité sociale - Assurance maladie / Risques professionnels ◄

www.inrs.fr

YouTube



in