

Notes techniques

MÉTHODE DE CHOIX D'UN DISPOSITIF DE PROTECTION SENSIBLE POUR SÉCURISER UNE MACHINE

Pour réduire les risques mécaniques liés à l'utilisation des machines fixes, l'utilisateur ou le concepteur peut avoir recours à des équipements de protection sensibles. Mais comment faire son choix parmi tous les dispositifs disponibles? Une méthode mise au point par l'INRS offre des éléments de réponses pour sélectionner la protection la mieux adaptée à la mise en sécurité de la machine.

DAVID TIHAY
INRS,
département
Ingénierie des
équipements
de travail

Plusieurs mesures de prévention sont envisageables dans le cadre de la mise en sécurité d'une machine. Parmi celles-ci figurent les équipements de protection sensibles ou SPE (*Sensitive Protective Equipment*)¹ (Cf. Focus, p. 57). Ceux-ci sont conçus pour détecter des personnes ou des parties de leurs corps, et envoyer au système de

commande de la machine un signal destiné à supprimer ou réduire le risque auquel sont exposées les personnes détectées (ex: arrêt du mouvement dangereux). Cependant, face à la diversité des solutions proposées, des fonctionnalités offertes et des nombreuses caractéristiques, le choix d'un tel dispositif peut se révéler compliqué. Dans le cadre de la mise en sécurité des machines,

RÉSUMÉ

Cet article propose une méthode de choix d'un dispositif de protection sensible (SPE). Intégrée à une démarche globale de réduction des risques telle que celle proposée par la norme NF EN ISO 12100, la méthode repose tout d'abord sur une phase de spécification du besoin, indispensable avant tout recours à un dispositif. La recherche d'adéquation entre les

spécifications et les caractéristiques des différents dispositifs permet ensuite de déterminer la solution la mieux adaptée et d'éviter ainsi des désagréments comme une diminution de la disponibilité de la machine qui pourrait conduire à terme à court-circuiter le dispositif. Cette méthode est itérative et peut conduire à redéfinir le besoin,

notamment si aucun dispositif ne permet de couvrir le risque traité. À l'inverse, dans certains cas, plusieurs dispositifs peuvent répondre au besoin et le choix final pourra alors être fait sur des éléments plus ou moins subjectifs, tels que la disponibilité du matériel ou encore la culture d'entreprise.

A method of choosing sensitive protective equipment for making machinery safe

This article proposes a method of choosing sensitive protective equipment (SPE). Incorporated into an overall risk reduction approach like the one proposed by Standard NF EN ISO 12100, it is based firstly on a need specification phase that is essential before selecting such equipment. Then, by seeking to match the resulting specifications with the

characteristics of the various pieces of equipment, it is possible to determine the most appropriate solution, and thus to avoid inconveniences such as reduction in availability of the machinery, for example, ultimately leading to the possibility of the equipment being bypassed or overridden. This method is iterative and it can lead to the need

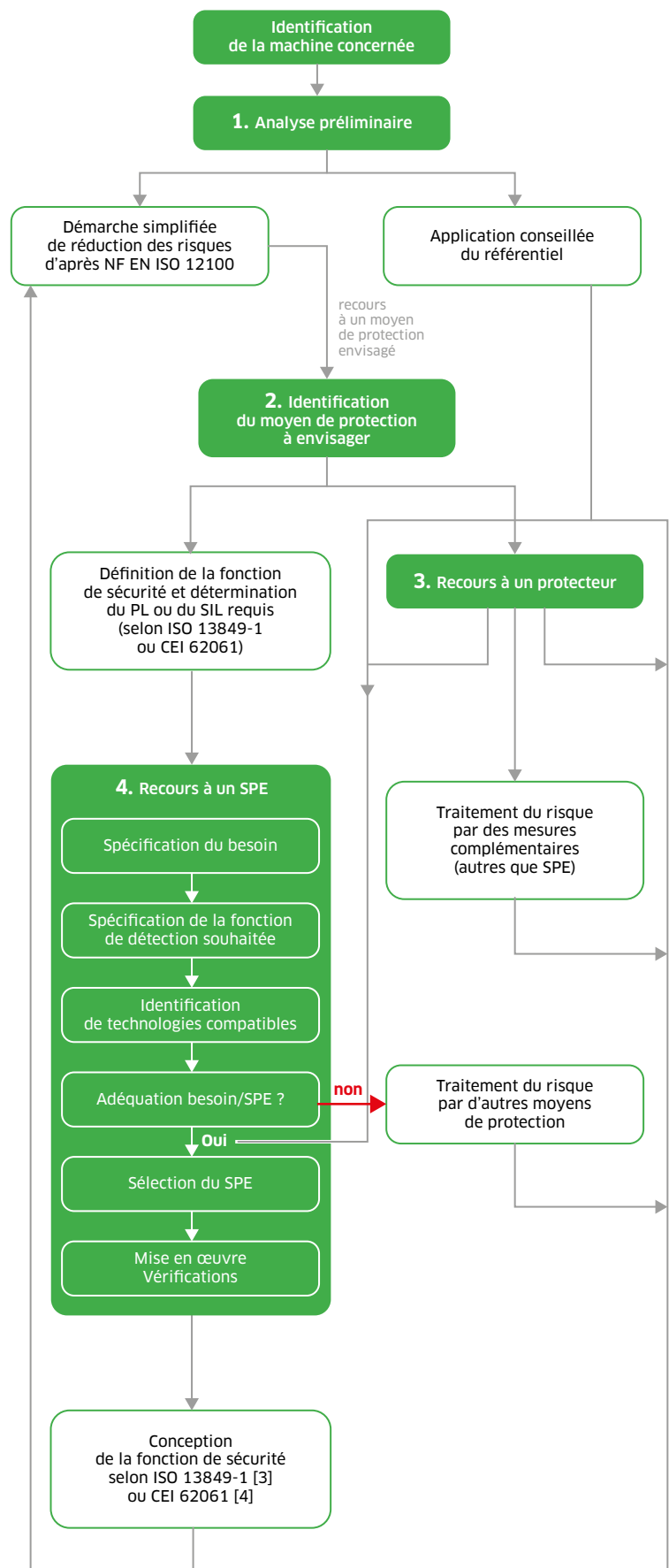
being redefined, in particular if no equipment makes it possible to cover the risk in question. Conversely, in some cases, more than one piece of equipment can satisfy the need. The final choice can then be made on the basis of more subjective criteria, such as the availability of the equipment or indeed the corporate culture.

la norme NF EN ISO 12100 [2], en application des préconisations de la directive 2006/42/CE, propose une démarche, fondée sur une stratégie d'appréciation, puis de réduction du risque, qui peut conduire à la mise en œuvre d'un SPE. L'utilisateur peut alors recourir à la méthode de spécification et de choix proposée dans ce document (Cf. Figure 1 et un cas d'application dans l'encadré). Préalablement à la phase d'appréciation des risques, une analyse préliminaire doit être engagée. Il s'agit de prendre en compte les référentiels existants sur le type de machine concerné afin de tirer parti des recommandations faites dans ceux-ci. À la suite de l'analyse du risque et dès lors que le recours à un moyen de protection est envisagé, une phase d'analyse doit être menée en vue de vérifier la faisabilité de recourir à un protecteur². Dans l'hypothèse où la mise en place d'un protecteur n'est pas envisageable, il est alors possible de recourir à un système de protection sensible. Il faut alors passer à la phase du choix du dispositif. Elle débutera par la spécification des besoins. Pour cela, il est nécessaire de prendre en compte différents paramètres qui auront été préalablement recensés autour des items suivants :

- détermination du mouvement dangereux (pièces en mouvement, nature du mouvement, phases dangereuses, temps d'arrêt, etc.);
- caractérisation de la zone dangereuse (géométrie, caractéristiques dimensionnelles, positionnement dans l'espace de travail, etc.);
- caractérisation de l'accès à la zone dangereuse (nombre d'accès possibles, géométrie, caractéristiques dimensionnelles, positionnement dans l'espace, etc.);
- définition du contexte d'utilisation de la machine (contraintes liées à la productivité, à la maintenance, prise en compte des exigences liées à l'ergonomie, lieu d'implantation de la machine, fréquence d'accès, contraintes organisationnelles, etc.);
- définition des contraintes environnementales (température, vibrations, chocs, étanchéité, visibilité, luminosité, risques mécaniques, contraintes électromagnétiques, etc.).

Sur la base des informations ainsi recueillies, il est ensuite possible d'identifier (Cf. Figure 2) la fonction de détection permettant de réduire le risque traité. Celle-ci est caractérisée par l'objet de la détection (présence ou franchissement) et la partie du corps à détecter (doigt, main, bras, jambe, autre partie du corps ou corps entier).

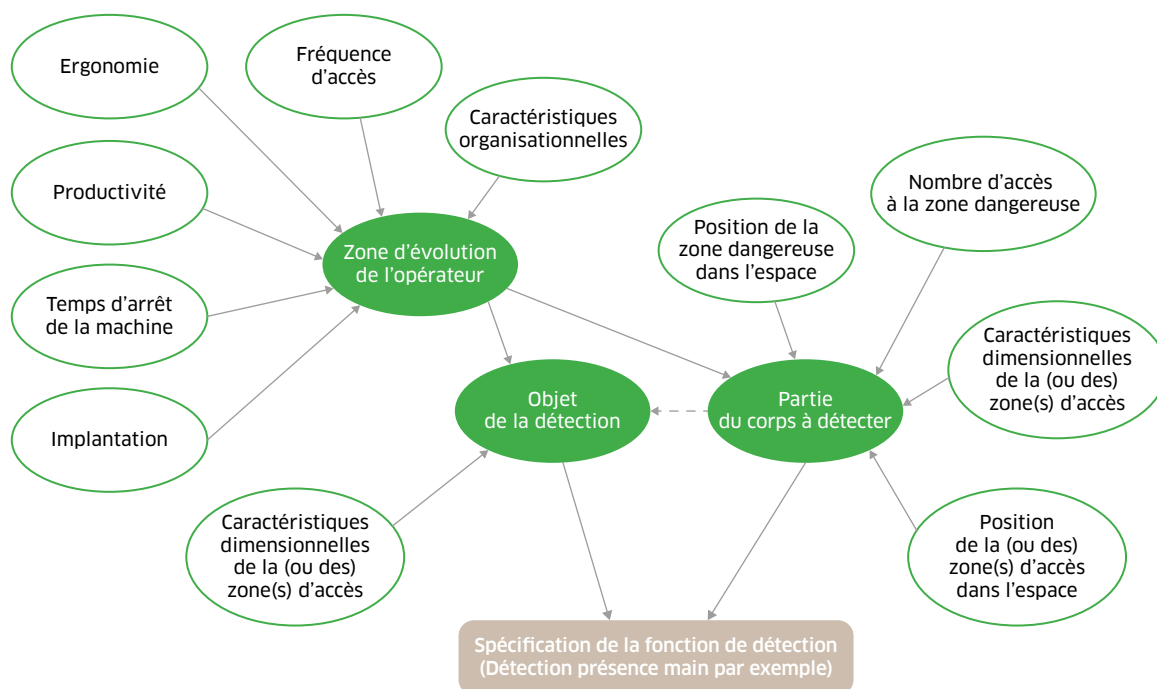
Lorsque la fonction de détection est spécifiée, l'étape suivante consiste à identifier, à l'aide du tableau 1, la (ou les) famille(s) de dispositif(s) de protection compatible(s) avec la fonction. Ce tableau reflète un état de l'art des possibilités offertes par les dispositifs du marché.



↑ FIGURE 1 Représentation simplifiée de la méthode de spécification proposée (La version intégrale est accessible sur www.hst.fr).



FIGURE 2 →
Facteurs
déterminant
la fonction
de détection.



Pour une même fonction de détection, il est possible que plusieurs familles technologiques répondent *a priori* au besoin. Chacune de ces familles possédant ses caractéristiques propres, il est nécessaire de confirmer l'adéquation entre la famille technologique envisagée et le besoin défini. En particulier, en vérifiant que le temps de réponse envisageable avec la technologie retenue est compatible avec le besoin (NF EN ISO 13855 [5]) et que le niveau de performance de sécurité du dispositif de protection est bien compatible avec le niveau de sécurité de la fonction à réaliser (NF EN ISO 13849-1 ou NF EN 62061).

En cas d'incompatibilité d'un de ces paramètres,

l'utilisateur ou le concepteur devra envisager d'écarter de son choix la famille technologique incompatible ou de redéfinir son besoin en réduisant ou en modifiant ses exigences (éloignement du dispositif de la zone dangereuse, réduction de la zone d'évolution de l'opérateur...). Il peut également apporter des modifications à la machine en vue de réduire son temps d'arrêt ou recourir à d'autres dispositifs de protection.

Pour finaliser le choix parmi les technologies envisageables, puis identifier le modèle le mieux adapté, l'utilisateur ou le concepteur doit confronter les besoins qu'il a exprimés aux caractéristiques de chaque équipement compatible *a priori*.

TABLEAU 1 ↓

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).

Si le nombre de caractéristiques est élevé, il peut être nécessaire de les prioriser en prenant en compte les spécificités de chacune des situations traitées. À titre d'exemple, il existe des cas pour lesquels les caractéristiques dimensionnelles du dispositif s'avèrent primordiales tandis que dans d'autres cas, ce sont les caractéristiques électriques qui sont déterminantes.

Les principales caractéristiques des dispositifs de protection sensibles à prendre en compte sont les suivantes :

- les caractéristiques fonctionnelles, comme la géométrie et la taille de la zone de détection, la capacité de détection, la nature et la forme des objets à détecter. 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. Il est alors pertinent de privilégier l'équipement qui présente un encombrement réduit. 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, par exemple), 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...

ENCADRÉ

CAS D'APPLICATION : MISE EN SÉCURITÉ D'UNE FENDEUSE À BÛCHES HORIZONTALE

La méthode de choix proposée a été appliquée sur une fendeuse à bûches afin d'améliorer la sécurité d'utilisation de ce type de machine, notamment vis-à-vis des risques d'écrasement et de cisaillement.

La spécification du besoin a permis d'identifier deux fonctions de sécurité, une pour la face avant pour protéger l'opérateur lors du chargement des bûches et une seconde pour les autres faces afin de protéger l'opérateur ou les tiers pouvant circuler à proximité de la fendeuse.

L'application de la méthode a ensuite conduit à proposer des moyens de protection différents pour chacune de ces fonctions :

- des protecteurs fixes pour les accès latéraux, arrière et supérieur, car ne nécessitant aucun accès en fonctionnement normal. Une ouverture, indispensable à l'évacuation automatique des bûches, a toutefois été créée sur une des faces latérales ;
- un dispositif de protection de type barrière immatérielle pour protéger la face avant du fait d'un accès fréquent et de l'absence de risque de projection. Toute tentative d'intrusion par cet accès pendant l'opération de fendage est détectée par la barrière, qui immédiatement interrompt le mouvement dangereux.

La prise en compte des spécificités liées aux conditions d'utilisation et aux contraintes environnementales lors du choix de ces moyens de protection garantit, en plus de leur niveau de sécurité, leur disponibilité et de fait leur acceptabilité par l'opérateur.



© David Tihay/INRS

L'examen de cette liste non exhaustive doit permettre de confirmer l'adéquation entre les caractéristiques des dispositifs de protection sensibles et les contraintes liées à l'environnement dans lequel sera mis en œuvre le dispositif de protection ;

- 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*,





© David Tihay/NRS

Presse plieuse hydraulique équipée de barrières immatérielles destinées à protéger l'opérateur.

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 par exemple une augmentation du temps de réponse ou encore une altération de la capacité de détection. La liste proposée ci-dessus n'est pas exhaustive. Si la situation envisagée présente des spécificités ou des contraintes particulières, d'autres caractéristiques peuvent s'avérer prépondérantes et devront être examinées.

Le choix pertinent d'un équipement de protection sensible dans la réalisation d'une fonction de sécurité est un atout indéniable, mais non suffisant. La mise en œuvre de l'équipement constitue également un facteur important à ne pas négliger. Celle-ci doit se faire conformément à la notice d'instruction fournie par le fabricant et respecter les principes généraux de conception. Il est recommandé de procéder à quelques vérifications élémentaires afin d'éviter les principales erreurs de mise en œuvre :

- la distance de sécurité nécessaire entre la zone de détection et le point le plus proche de la zone dangereuse doit être respectée et compatible avec les performances de mise à l'arrêt de la machine;
- l'accès à la zone dangereuse ne doit être possible qu'à travers la zone de détection de l'équipement de protection sensible, et aucune zone morte non protégée ou aucun angle mort permettant d'approcher de la zone dangereuse au-delà de la distance de sécurité ne doit exister. Il faut également s'assurer qu'il n'existe aucune zone non protégée dans laquelle une personne pourrait se trouver entre la zone dangereuse et la zone de détection;
- la capacité de détection attendue doit être effective sur toute la zone à protéger;
- les fonctionnalités mises en œuvre doivent être opérationnelles et répondre au besoin spécifié, particulièrement en termes de temps de réponse et de capacité de détection;
- les fichiers de configuration ainsi que les rapports de configuration doivent être vérifiés et sauvegardés;
- enfin, les aménagements nécessaires au bon fonctionnement ou à la protection de l'équipement doivent être mis en place, tels qu'une protection mécanique visant à éviter les chocs contre l'équipement par exemple. ●

1. Ces dispositifs de détection de personnes sont listés à l'annexe V de la directive 2006/42/CE [1]. En conséquence, s'ils sont mis isolément sur le marché, ils sont soumis aux procédures d'évaluation de la conformité définies aux points 3 et 4 de l'article 12 de ladite directive.

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 des Communautés européennes, n° L157 du 9 juin 2006, 63 p.

[2] NF EN ISO 12100 - Sécurité des machines - Principes généraux de conception - Appréciation du risque

et réduction du risque. Paris, Afnor, décembre 2010, 93 p.

[3] NF EN ISO 13849-1 - Sécurité des machines - Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité. Partie 1: Principes généraux de conception. Paris, Afnor, 2008, 103 p.

[4] NF EN 62061 - Sécurité des machines - Sécurité fonctionnelle

des systèmes de commande électriques, électroniques et électroniques programmables relatifs à la sécurité. Paris, Afnor, 2005, 106 p.

[5] NF EN ISO 13855 - Sécurité des machines - Positionnement des moyens de protection par rapport à la vitesse d'approche des parties du corps. Paris, Afnor, 2010, 51 p.

FOCUS SUR... les différents types d'équipements de protection sensibles

On distingue deux types d'équipements: des équipements sensibles à la pression et des équipements électro-sensibles. Les dispositifs sensibles à la pression (Cf. Figure A) sont composés d'un ou plusieurs capteurs, qui génèrent un signal lorsqu'une pression est appliquée à une partie de leur surface extérieure, et d'une unité de commande qui répond au signal du capteur et déclenche un ou des signaux de sortie en direction du système de commande. Ces dispositifs sensibles à la pression peuvent être déclinés sous plusieurs formes: bords, barres, tapis, planchers...

La détection de présence se traduit par une déformation du capteur, qui est généralement détectée par surveillance de continuité ou mesure de résistance.

Les équipements de protection électro-sensibles les plus répandus peuvent être répertoriés par familles technologiques:

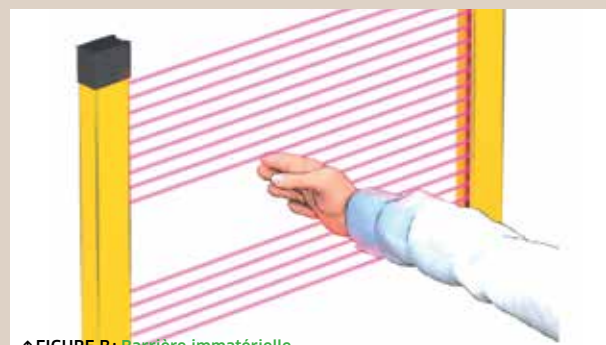
- **les dispositifs fondés sur des principes d'optoélectronique** (Cf. Figure B) tels que les barrières immatérielles, également appelées « dispositifs de protection optoélectronique actifs » ou AOPD (*Active Optoelectronic Protective Device*). Le principe de détection repose sur l'occultation d'un ou plusieurs faisceaux lors de l'intrusion d'un objet opaque ou d'une personne dans le champ de détection existant entre l'émetteur et le récepteur;
- **les scrutateurs laser** (Cf. Figure C). Ils mettent aussi en œuvre une technologie optoélectronique et fonctionnent sur le principe de la réflexion diffuse (*Active Optoelectronic Protective Device responsive to Diffuse Reflection*). Dès lors que le rayonnement émis par le scrutateur rencontre un objet, une partie de ce rayonnement lui est renvoyé, permettant ainsi la détection;
- **les dispositifs mettant en œuvre des principes de détection par vision** qui utilisent des motifs de référence passifs où l'algorithme de détection repose sur l'obstruction du motif par un objet ou une partie du corps (*Video Based Protective Device*) (Cf. Figure D);
- **les dispositifs mettant en œuvre des principes de détection par vision stéréoscopique** fondés sur des algorithmes de traitement d'image (*Video Based Protective Devices using Stereo Vision Techniques*) (Cf. Figure E). La zone surveillée est alors définie par un volume. Toute intrusion dans ce volume déclenche une détection.

À la lecture de la documentation technique relative à un équipement de protection sensible, on constate qu'il existe un nombre important de caractéristiques. Certaines, telles que les caractéristiques fonctionnelles, électriques, environnementales et de sécurité, peuvent s'avérer déterminantes dans le choix d'un SPE. ●



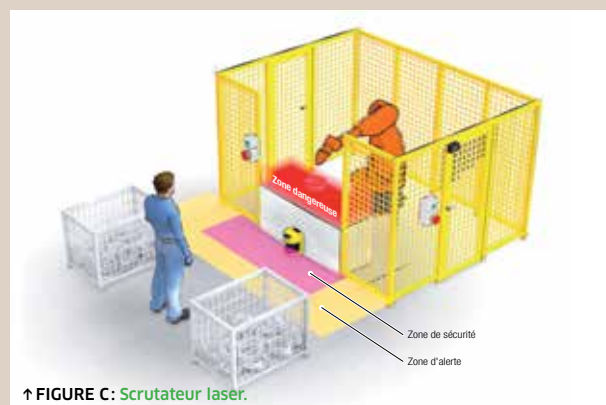
↑ FIGURE A: Dispositifs de protection sensibles à la pression.

© 3 ZIGS pour l'INRS



↑ FIGURE B: Barrière immatérielle.

© 3 ZIGS pour l'INRS



↑ FIGURE C: Scrutateur laser.

© 3 ZIGS pour l'INRS



↑ FIGURE D: Video Based Protective Device.

© 3 ZIGS pour l'INRS



↑ FIGURE E: Dispositif de détection par stéréo-vision.

© 3 ZIGS pour l'INRS