

Le temps d'arrêt de la machine est-il prévisible et constant ?

NON = un système d'interverrouillage du protecteur avec détection de mouvement est probablement nécessaire.

Un accès du corps tout entier est-il requis ?

OUI = un système à verrouillage du protecteur par clé avec utilisation d'une clé personnelle est probablement nécessaire.

La machine ou son système de commande peut-elle se trouver endommagée par un arrêt d'urgence ?

OUI = un système d'interverrouillage conditionnel du protecteur est probablement nécessaire.

L'usure du protecteur va-t-elle entraîner à terme un désalignement de l'interrupteur de sécurité ?

OUI = un système sans contact est probablement nécessaire.

Le dispositif doit-il être totalement étanche, par exemple pour les arrosages, ou en environnement très humide ?

OUI = un système sans contact est probablement nécessaire.

Un accès fréquent est-il requis ?

OUI = un système à coupure sur la commande semble le plus adapté.

Le risque est-il important que l'interrupteur de sécurité fasse l'objet de manipulations visant à le neutraliser ?

OUI = un interrupteur à inviolabilité renforcée est probablement nécessaire.

Barrières immatérielles de sécurité

On peut définir simplement les barrières immatérielles de sécurité comme des détecteurs photoélectriques de présence particulièrement conçus pour protéger le personnel du site contre toute blessure causée par le mouvement dangereux d'une machine. Également désignés AOPD (dispositifs optoélectroniques de protection active) et dans les nouvelles normes ESPE (équipements de protection électrosensibles), les barrières immatérielles offrent une sécurité optimale, et permettent pourtant une plus grande productivité car elles constituent la meilleure solution ergonomique par rapport aux protecteurs mécaniques. Elles conviennent idéalement à des applications dans lesquelles le personnel doit fréquemment accéder à une zone dangereuse.

Fonctionnement

Les barrières immatérielles de sécurité se composent d'une paire émetteur-récepteur qui crée une barrière multi-faisceau de lumière infrarouge devant ou autour d'une zone à risque. Quand l'un de ces faisceaux est occulté par une pénétration dans le champ de protection, le circuit de commande de la barrière envoie un signal à l'arrêt d'urgence de la machine. L'émetteur et le récepteur peuvent s'interfacier à un bloc de commande qui assure les fonctions nécessaires : logiques, sorties, diagnostics système, et autres fonctions auxiliaires : inhibition, désensibilisation, PSDI (initialisation par dispositif détecteur de présence) selon les besoins de l'application. Installée seule, la paire de barrières immatérielles fonctionnera comme un interrupteur de commande fiable.

Pour éliminer la possibilité d'un déclenchement intempestif à cause de la lumière ambiante et des interférences croisées provenant d'autres éléments optoélectroniques, les LED de l'émetteur fonctionnent en impulsions séquentielles à un rythme spécifique (modulation de fréquence), chacune des LED étant activée tour à tour de manière à ce qu'un émetteur ne puisse être détecté que par le récepteur spécifique qui lui est associé. Bien que cette méthode se prête à une sécurité accrue, les barrières immatérielles doivent montrer plus de protection en terme de *fiabilité de commande*.

Fiabilité de commande

La fiabilité de commande est un concept qui apparaît dans la série ANSI B11 des normes et OSHA 1910.217. La définition, telle qu'elle figure dans les normes les plus récentes, est la suivante :

« C'est l'aptitude montrée par un système de commande machine, par sa sécurité, par d'autres composants de commande et les interfaces correspondantes à se mettre dans un état dit de « sécurité » dans le cas d'un défaut de leurs fonctions relatives à la sécurité. »

On peut obtenir un système qui satisfait cette exigence en établissant une stratégie, une méthode ou une caractéristique de conception qui sépare les fonctions sécurité d'un système en composants, modules, dispositifs, ou systèmes qui peuvent être surveillés par d'autres composants, modules, dispositifs ou systèmes.

L'application des trois concepts simples suivants permet de garantir la réalité de la fonction de sécurité.

- Redondance—utilisation de méthodes identiques
- Diversité—utilisation de méthodes différentes
- Surveillance—utilisation de méthodes de vérification

La sélection et l'intégration de composants, modules, dispositifs et systèmes qui ont été spécialement conçus et prévus pour l'utilisation dans les fonctions liées à la sécurité, contribuent également à la réalisation de la commande. Pour garantir que la fiabilité de la commande est acquise, on devrait recourir à un processus de conception rigoureux, lequel est essentiel pour obtenir une conception complète et précise.

En termes de sécurité optoélectronique, ceci veut dire que le système de barrière immatérielle doit être capable d'envoyer un signal d'arrêt à la machine, même dans le cas où un ou plusieurs composants montrent une défaillance. Les barrières immatérielles ont deux sorties sous surveillance croisée qui sont prévues pour changer d'état lorsque le champ de protection de la barrière immatérielle est occulté. Si l'une des sorties montre une défaillance, l'autre sortie répond en envoyant un signal d'arrêt à la machine commandée car une partie du système sous surveillance croisée détecte que l'autre sortie n'a pas changé d'état ou n'a pas répondu. Le système se verrouille alors empêchant ainsi la machine d'être remise en marche tant que la barrière n'a pas été réparée. Le réarmement des barrières immatérielles ou des cycles d'alimentation et d'interruption du courant ne permettent pas de lever le verrouillage.

Types et fonctions

Les barrières immatérielles de sécurité Allen-Bradley Guardmaster se classent en trois familles de produits : *Protection de poste dangereux (POC)*, *contrôle d'accès sur zone (AAC)*, et *contrôle d'accès périmétrique (PAC)*.

Protection de poste (POC)

Les barrières immatérielles POC font appel à une paire de blocs optiques pour créer un rideau de lumière infrarouge qui autorise le personnel à accéder facilement et fréquemment à une zone dangereuse. On utilise ces barrières immatérielles lorsque l'activité de l'opérateur oblige celui-ci à travailler relativement près d'une zone à risque. Les barrières immatérielles de sécurité pour protection de poste dangereux Allen-Bradley Guardmaster sont disponibles en résolutions de 14 mm et de 30 mm, respectivement destinées à la protection des doigts et à celle des mains.

Principes de sécurité

Barrières immatérielles de sécurité

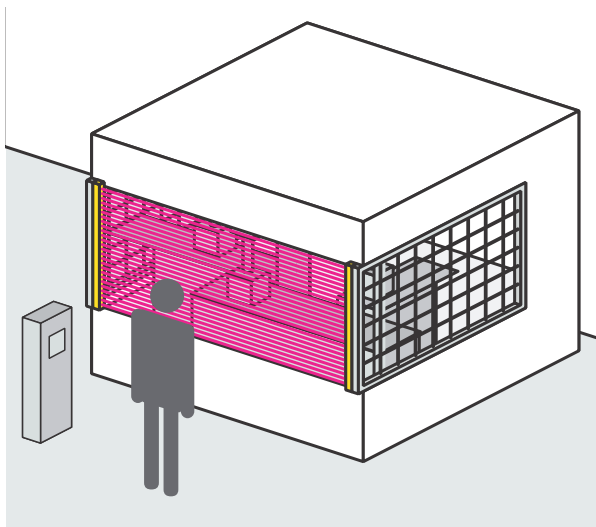


Figure 71 : POC

Protection de zone dangereuse (AAC)

L'AAC est un système longue portée (jusqu'à 92 m env.) qui utilise un émetteur et un récepteur pour créer une barrière de protection autour des machines dangereuses, notamment les cellules robotiques, les postes de transfert, les palettiseurs et les machines de chargement. L'occlusion du faisceau permet d'arrêter un mouvement dangereux de la machine. Le contrôle d'accès multi-côtés ou à double faisceau s'obtient en utilisant des miroirs de renvoi.

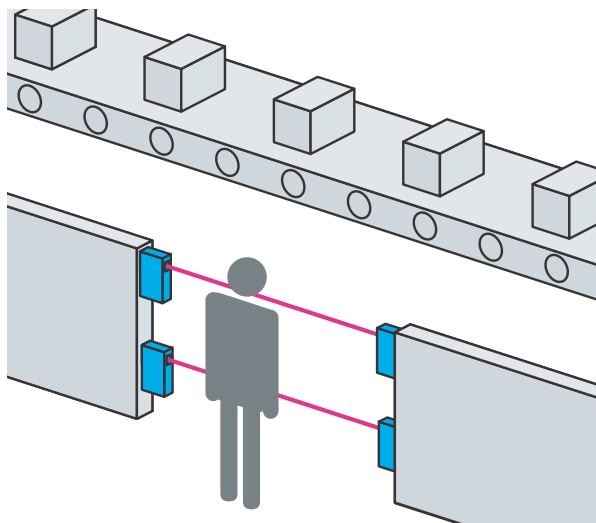


Figure 72 : AAC

Protection d'accès périmétrique (PAC)

Les barrières immatérielles pour PAC utilisent une paire émetteur récepteur pour créer une barrière mono ou multi-faisceau (1, 2, 3 ou 4 faisceaux) pour permettre la détection de tout le corps à la périphérie d'une machine dangereuse. Lorsqu'il y a intrusion dans le

périmètre de sécurité, la barrière immatérielle envoie un signal d'arrêt à la machine concernée pour arrêter tout mouvement dangereux de la machine et protéger les personnes.

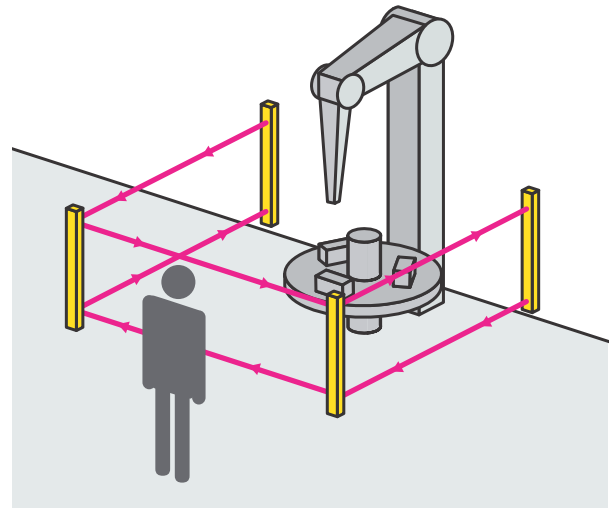


Figure 73 : PAC

Désensibilisation—Fixe et flottante

La désensibilisation permet de désactiver certaines parties du champ sensible des barrières immatérielles pour ignorer la présence normale des objets concernés par le processus.

Lorsqu'un objet est fixe—support de montage, fixation de la machine, outillage, convoyeur—la partie du faisceau désensibilisée sera, elle aussi, fixe. Cette fonction, connue sous le terme de désensibilisation, exige que l'objet concerné soit en permanence dans la zone définie. Si l'un des faisceaux programmés comme « désensibilisés » n'est pas bloqué par un élément de la machine ou par le matériau à transformer, un signal d'arrêt est envoyé à la machine.

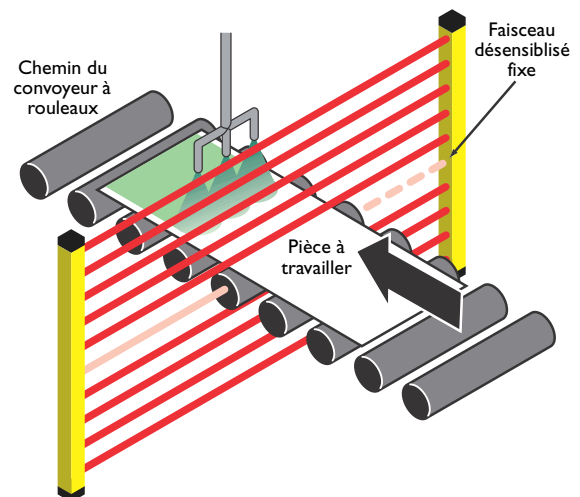


Figure 74 : Désensibilisation fixe



La désensibilisation flottante permet à un objet (un matériau à travailler, par exemple) de pénétrer à tout endroit du champ sensible sans arrêter la machine. Pour cela, on autorise la désactivation de deux faisceaux maximum, à n'importe quel endroit du champ sensible. Au lieu de créer une fenêtre, les faisceaux désensibilisés se déplacent vers le haut ou vers le bas, « flottant » selon les besoins. Selon le nombre de faisceaux devant flotter, un ou deux quelconques faisceaux peuvent être bloqués sans qu'un signal d'arrêt ne soit envoyé à la machine sous protection.

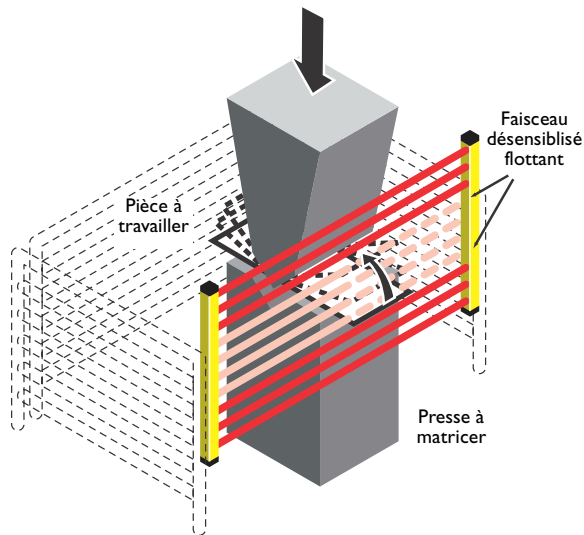


Figure 75 : Désensibilisation flottante

Lorsque l'on recourt à la désensibilisation, qu'elle soit fixe ou flottante, la distance de sécurité (c'est-à-dire, la distance minimale entre la barrière immatérielle et la source de danger telle qu'un opérateur ne puisse atteindre la source de danger avant que la machine ne se soit arrêtée) est changée. Du fait que la désensibilisation augmente la taille minimale de l'objet qui peut être détecté, la distance de sécurité minimale doit également augmenter selon la formule appropriée (voir Calcul de la distance de sécurité, page 1-43).

Inhibition

Parfois, le processus exige que la machine doive s'arrêter quand du personnel pénètre dans la zone, et qu'elle doive pourtant continuer à tourner lorsque des matériaux sont automatiquement acheminés dans la zone. Dans un tel cas, la fonction d'inhibition est requise.

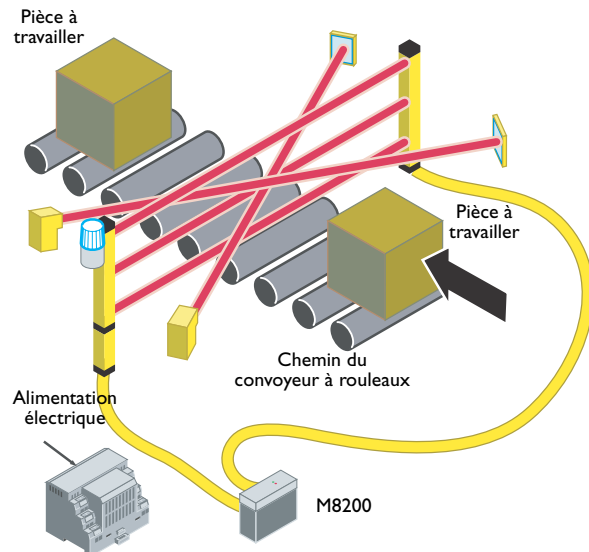


Figure 76 : Inhibition

L'inhibition fait appel à la combinaison d'une barrière immatérielle, de deux ou quatre capteurs et d'une unité de commande permettant de traiter les signaux et de déterminer s'il faut et à quel moment activer la fonction d'inhibition. Les capteurs d'inhibition sont montés devant et derrière la barrière immatérielle et seule une certaine combinaison de sorties de capteur déclenchera la fonction d'inhibition. Par exemple, quand les deux capteurs situés devant la barrière immatérielle changent d'état dans un laps de temps prédéterminé, la barrière passe en mode inhibition. Les capteurs d'inhibition doivent être montés à une distance suffisamment grande l'un de l'autre de manière à ce que du personnel ne puisse matériellement pas pénétrer dans l'enceinte et déclencher simultanément les deux capteurs d'inhibition et pendant un temps suffisamment long pour activer l'inhibition de la barrière.

ANSI B11.19 aborde les critères impératifs de sécurité en matière d'inhibition.

L'inhibition d'un dispositif sera autorisée pendant la partie non dangereuse du cycle machine. L'inhibition du dispositif sera réalisée de manière à ce que la défaillance isolée d'un composant, sous-ensemble ou module du système/dispositif qui affecte le fonctionnement des fonctions de sécurité, n'empêche pas d'initier une commande normale d'arrêt. Dans le cas contraire, cette défaillance devra provoquer une commande immédiate d'arrêt. En cas de défaillance, le redémarrage de la machine sera rendu impossible tant que le défaut n'aura pas été corrigé ou que le système ou dispositif n'aura pas été manuellement réarmé.

Par exemple, un simple interrupteur fin de course à came câblé en parallèle avec la sortie du dispositif n'est pas suffisant. Une défaillance de l'interrupteur à came ne sera pas détectée.

Protection de zone

Dispositifs d'accès libre et de détection de présence

Lorsqu'il s'agit de décider comment protéger une zone, il est important de comprendre exactement quelles sont les fonctions de sécurité qui sont nécessaires.

En général, on trouvera au moins deux fonctions.



Principes de sécurité

Barrières immatérielles de sécurité

- Couper ou désactiver l'alimentation lorsqu'une personne pénètre dans la zone à risque.
- Empêcher la mise sous tension ou l'activation de l'alimentation quand une personne se trouve dans la zone à risque.

A première vue, on pourrait penser qu'il ne s'agit que d'une seule et même fonction, mais il s'agit bien de deux fonctions distinctes même si elles sont manifestement liées et qu'elles sont souvent réalisées au moyen du même équipement.

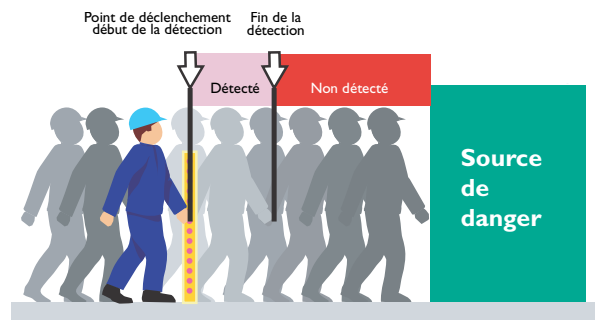


Figure 77

Pour réaliser la première fonction, un dispositif de déclenchement est nécessaire. En d'autres termes, un dispositif qui détecte qu'une personne a partiellement dépassé un certain point et qui envoie un signal pour couper l'alimentation. Si cette personne est en mesure de poursuivre au-delà du point de déclenchement et que sa présence n'est plus détectée, alors la deuxième fonction (prévention de la remise sous tension) ne peut être remplie.

Dans les applications où l'accès par tout le corps est possible, on a des exemples de dispositifs qui présentent ces caractéristiques : barrières immatérielles montées verticalement, barrières immatérielles mono-faisceau, bourrelets sensibles, interrupteurs télescopiques de déclenchement. On ne devrait considérer une porte d'accès munie d'un interrupteur de sécurité que comme un dispositif de déclenchement car (à moins qu'elle ne fasse l'objet de certains aménagements comme un système d'accès à clé) rien n'empêche généralement la porte d'être refermée une fois que quelqu'un est entré.

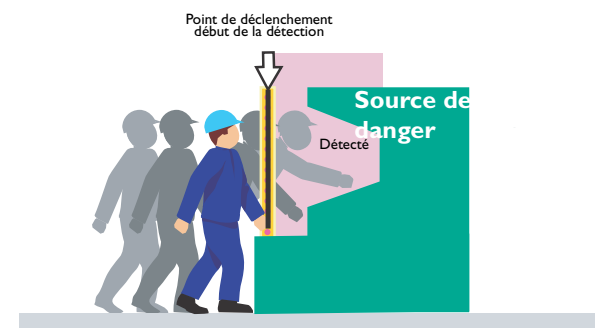


Figure 78

Si l'accès de tout le corps n'est pas possible, c'est-à-dire que la personne ne peut poursuivre au-delà du point de déclenchement, sa présence sera toujours détectée et la deuxième fonction (prévention de la mise sous tension) sera remplie.

Pour ces types d'applications, ce sont les mêmes types de dispositifs qui assurent le déclenchement et la détection de présence. La seule différence réside dans le type d'application.

On peut constater que si tout le corps peut aller au-delà du point de déclenchement, il peut alors être nécessaire de disposer d'un détecteur de présence pour déceler la présence d'une personne au-delà du point de déclenchement et dans toute la zone à risque accessible. En d'autres termes, un dispositif de détection de présence sur zone.

Les tapis sensibles à la pression, les scanners laser, les barrières immatérielles montées à l'horizontale sont des exemples de dispositifs de détection de présence sur zone.

Il est possible d'utiliser un système qui combine les fonctions de déclenchement périmétrique et de détection de présence ou bien de recourir à un dispositif distinct placé à l'intérieur du périmètre de déclenchement ou du périmètre sous protection.

Bien sûr, tout dispositif de détection de présence agit également comme un dispositif de déclenchement au moment même où il y a première intrusion dans sa zone de détection (voir ci-dessous).

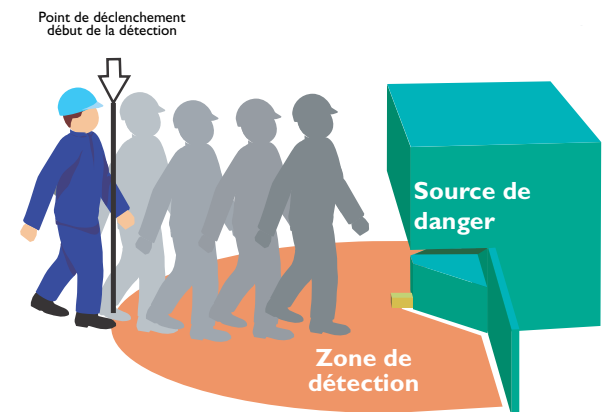


Figure 79

Scrutateur laser

Le premier pas dans la zone de détection déclenche la mise hors tension de l'équipement dangereux. Les pas suivants empêchent la restauration de l'alimentation électrique.

Pour les dispositifs de déclenchement, ainsi que pour les dispositifs de détection de présence qui jouent le rôle de dispositifs de déclenchement, il convient d'appliquer le calcul de la distance de sécurité (voir section ci-après).

On note deux impératifs :

- Il ne doit pas être possible d'accéder à la source de danger sans déclencher le dispositif.
- Le dispositif doit être positionné suffisamment en amont de sorte qu'il ne soit pas possible d'approcher la source de danger avant que celle-ci n'ait eu le temps d'atteindre un état qui ne présente plus aucun risque. Ceci veut dire que la plus courte distance d'accès possible entre le périmètre de la zone de détection et la source de danger doit au moins satisfaire à la formule de la distance de sécurité.

Une variante possible consiste à assurer la sécurité vis-à-vis de l'équipement dangereux d'une manière qui ne dépend pas entièrement de la distance de séparation. Généralement, cela pourrait conduire à l'implantation d'un dispositif de protection matériel interconnecté au verrouillage d'une porte d'accès. Tant que la situation dangereuse de la machine n'a pas cessé, le protecteur ne peut être déverrouillé.



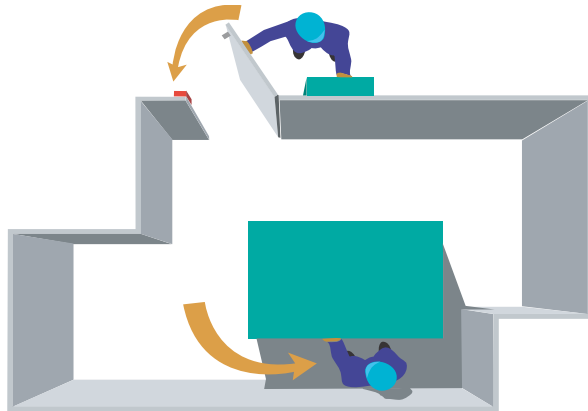


Figure 80

L'évaluation des risques peut mettre en lumière qu'une personne peut entrer dans la zone protégée et éventuellement être perdue de vue.

La porte peut être refermée et la machine redémarrée par une autre personne. Un moyen d'éviter cette situation consiste à détecter la présence d'une personne à quelque endroit à l'intérieur de l'enceinte protégée. Cette approche permet d'économiser de l'espace, mais souvent aux dépens de l'accessibilité par des engins comme des chariots élévateurs, etc.

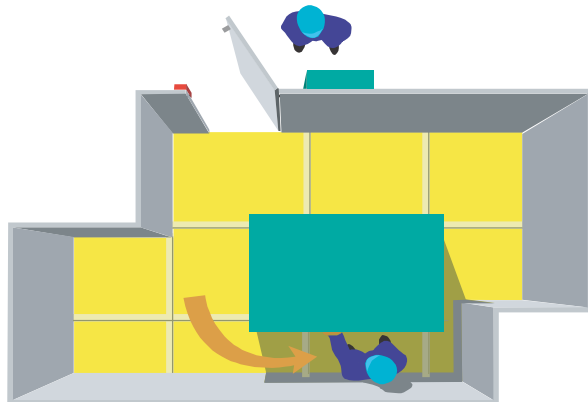


Figure 81

Si à cet effet, on recourt à un dispositif de détection de présence, il n'a pas à satisfaire aux impératifs de taille et de positionnement posés par l'EN 999. En revanche, il est toujours assujéti à l'exigence élémentaire selon laquelle il ne doit pas être possible d'accéder à l'équipement dangereux sans déclencher le dispositif.

C'est le mouvement d'une personne qui déclenche ce dernier. Le dispositif doit couvrir la zone délimitée par une enceinte. Les dispositifs types sont les tapis sensibles à la pression, les grilles ou les barrières immatérielles horizontales, les scanners laser.

La sélection de l'un de ces dispositifs revient à faire correspondre les caractéristiques du dispositif aux caractéristiques de l'application.

Parfois, ce n'est pas l'opérateur qui se déplace en direction du danger, c'est le danger qui vient au devant de l'opérateur, par exemple avec des portes commandées. Dans ce cas, on monte sur le

bord d'attaque de la source de danger un bourrelet sensible actionné par contact souple avec une personne et capable d'arrêter le mouvement avant qu'un dommage corporel ne se produise.

Cette situation montre que la rotation résiduelle ou « rotation jusqu'à l'arrêt complet » ainsi que le moment auquel le mouvement peut être arrêté sont vitaux. Les bourrelets sensibles sont en mesure d'assurer une protection efficace dans de nombreux types de dangers problématiques, comme le cisaillement et le piégeage. Ils se montrent également très utiles comme dispositifs généraux de déclenchement.

Initialisation par dispositif détecteur de présence (PSDI – Presence Sensing Device Initiation)

Connu aussi sous le nom de mode d'exploitation 1 passage/2 passages, le PSDI implique l'utilisation d'une barrière immatérielle non seulement comme un élément de sécurité, mais aussi en tant que commande du fonctionnement de la machine. Le PSDI lance un cycle machine en fonction du nombre d'occultations de faisceau qu'il a enregistré. Par exemple, si un opérateur avance sa main vers la zone dangereuse afin d'insérer une pièce à travailler, l'occultation du faisceau arrête immédiatement la machine ou l'empêche de redémarrer tant que l'opérateur n'a pas retiré sa main de la zone surveillée, et ce n'est qu'alors que la machine commence le cycle suivant.

OSHA 1910.217 (h) établit spécifiquement les restrictions et les impératifs d'application relatifs à l'utilisation du PSDI sur les presses mécaniques.

Application des barrières immatérielles

Pour déterminer la barrière immatérielle qu'il vous faut, il convient :

1. D'identifier chaque danger individuel que présente l'équipement à protéger
2. De déterminer si la machine peut être arrêtée à n'importe quel moment de sa course ou de son cycle
3. D'identifier ce qui doit être protégé : doigts, main, membre, corps tout entier
4. De calculer la distance de sécurité
5. De dimensionner la barrière immatérielle—le personnel ne doit pas pouvoir la contourner ni passer par dessus ni par dessous pour accéder à la source de danger.

Enfin, les étapes 1 à 3 de ce processus de sélection s'appuient sur les résultats de l'évaluation des risques, telle que décrite dans la section Principes de sécurité (voir page 1-17).

Calcul de la distance de sécurité

Pour poser des barrières immatérielles, il faut calculer la distance sûre minimale de montage de la barrière par rapport à la source de danger. La distance entre le danger et la barrière doit être telle que le temps nécessaire à l'opérateur pour atteindre le danger soit supérieur au temps nécessaire à l'arrêt de la machine.

Aux Etats-Unis, on recourt à deux formules pour calculer correctement la distance de sécurité. La première, la formule OSHA, représente l'exigence minimale pour le calcul de la distance de sécurité. La deuxième, celle que recommande Rockwell Automation, est la formule ANSI, qui intègre des facteurs supplémentaires à prendre à compte dans le calcul de la distance de sécurité.

Principes de sécurité

Barrières immatérielles de sécurité

Formule OSHA pour le calcul de la distance de sécurité

La formule OSHA pour le calcul de la distance de sécurité, telle que spécifiée dans CFR Sous-partie O 1910.217, est la suivante :

$$D_s = 63 \times T_s$$

Où :

D_s Distance de sécurité

63 est la constante de vitesse de main recommandée par OSHA et exprimée en pouces par seconde

T_s est la durée totale jusqu'à l'arrêt, pour tous les éléments du circuit de sécurité, exprimée en secondes. Cette valeur doit intégrer tous les composants concernés par la mise à l'arrêt du mouvement dangereux de la machine. Pour une presse mécanique, c'est le temps jusqu'à l'arrêt, mesuré à la position d'environ 90° de la rotation du vilebrequin.

Remarque : La valeur T_s doit comprendre les temps de réponse de tous les éléments, y compris les temps de réaction de la barrière immatérielle (s'il y a lieu), du circuit de commande de la machine et de tout autre dispositif qui réagit pour arrêter le mouvement dangereux de la machine. Omettre d'intégrer les temps de réponse d'un ou de plusieurs dispositifs dans le calcul de la distance de sécurité, aura pour conséquence une distance insuffisante. Ceci est de nature à exposer l'opérateur à un dommage corporel.

Formule ANSI pour le calcul de la distance de sécurité

Le calcul ANSI de la distance de sécurité pour les barrières immatérielles, tel qu'il apparaît dans B11.1-1988 et B11.19-1990, est le suivant :

$$D_s = K \times (T_s + T_c + T_r + T_{bm}) + D_{pf}$$

Où :

D_s Distance de sécurité minimale entre la source de danger et la barrière (en pouces)

K 63 pouces/sec (1,6 m/s, suggestion). Constante de la vitesse de la main, telle que définie dans ANSI B11.19-1990 : « ... la constante de la vitesse de la main, K , a été déterminée par diverses études, et bien que ces dernières indiquent des vitesses de 1,60 m/s (63 po/s) à plus de 2,50 m/s, (100 po/s) ces valeurs ne sont pas considérées comme des déterminations définitives. Lors de la détermination de la valeur de K , l'utilisateur devrait considérer tous les facteurs, y compris la capacité physique de l'opérateur. »

T_s Temps nécessaire à l'arrêt, exprimé en secondes, mesuré à environ la position 90° de la rotation du vilebrequin selon la détermination obtenue avec un appareil de mesure.

T_c Temps de réponse, en secondes, du circuit qui déclenche l'arrêt de la machine selon la détermination obtenue avec un appareil de mesure.

T_r Temps de réponse de la barrière immatérielle selon les spécifications exprimées en secondes.

T_{bm} Temps supplémentaire de mise à l'arrêt imputable au temps de réponse d'une surveillance du freinage. S'il n'y a pas de surveillance de freinage, on doit ajouter un pourcentage pour prendre en compte l'usure du système de freinage. Pour des freins neufs, on recommande 20 % ; pour des freins usagés, on recommande 10 %.

D_{pf} Distance supplémentaire basée sur le facteur de pénétration en profondeur (voir Tableau 10 dans 1910.217). Si l'on connaît la taille minimale d'un objet qui peut être perçu par la barrière immatérielle, on peut déterminer la distance que peut parcourir un objet dans la zone de détection après y avoir pénétré avant que la barrière immatérielle n'envoie un signal d'arrêt.

Exemple : Dans la formule ANSI, si nous avons pour la barrière un temps de réponse (T_r) de 15 ms, un temps de mise à l'arrêt machine ($T_s + T_c$) de 180 ms, un temps de réponse de surveillance du freinage (T_{bm}) de 40 ms et un facteur de pénétration en profondeur de 8 cm (3,2 pouces), le calcul sera le suivant (ne pas oublier que la constante de vitesse de main, K , établie par OSHA, est de 1,6 m/s (63 po/s)) :

$$\begin{aligned} D_s &= K \times (T_s + T_c + T_r + T_{bm}) + D_{pf} \\ D_s &= 63 \times (0,180 + 0,015 + 0,040) + 3,2\text{E} \\ D_s &= 63 \times (0,235) + 3,2\text{E} \\ D_s &= 14,805 + 3,2\text{E} \\ D_s &= 18,00\text{E} \end{aligned}$$

Donc, la distance minimale de sécurité qui doit exister entre la barrière et la source de danger est de 18 pouces.

Formule EN 999 pour le calcul de la distance de sécurité

La norme européenne EN 999 traite justement du positionnement des équipements de protection en fonction de la vitesse d'approche des parties du corps. Son application est recommandée pour les machines destinées à être vendues ou utilisées en Europe. Assez proche de la formule ANSI, la formule EN 999 est la suivante :

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

Où :

S Distance minimale, en mm, entre la zone à risque et le champ de protection de la barrière immatérielle.

K 1600 (suggestion). Ce paramètre se fonde sur des recherches montrant qu'il est raisonnable de prendre pour référence une vitesse d'approche de l'opérateur égale à 1 600 mm/sec. Les conditions réelles d'application sont toutefois à prendre en compte. En règle générale, la vitesse d'approche varie entre 1 600 et 2 500 mm/s.

T Temps d'arrêt complet du système, c'est-à-dire le temps total, en secondes, entre l'envoi du signal d'arrêt jusqu'à la cessation du danger.

C Distance supplémentaire, en millimètres, basée sur l'éventuelle pénétration en profondeur en direction du danger. L'utilisation de ce paramètre est dépendante de la possibilité pour l'opérateur d'atteindre la zone à risque par contournement ou de pénétrer dans la zone de protection avant que les contacts d'interrupteur ne soient ouverts. Les normes EN 294 et

EN 811 fournissent plus d'informations sur le calcul de la distance d'accès.

