

Safety Book

Un guide de la sécurité
des machines.
Pour passer du (?) au (!)



Pour passer du ? au !



Comment le SafetyBook d'Axelent peut-il devenir votre allié ?

« JE NE TROUVE PAS DE RÉPONSE, UNIQUEMENT DES RÉFÉRENCES CROISÉES ». C'est ce que ressentent la plupart des gens lorsqu'il s'agit de marquage CE,

de sécurité des machines et de tous les sujets associés. La lecture fastidieuse des directives UE, la recherche de normes, la mise en œuvre de l'appréciation des risques, tout cela semble les accabler.

Ce livret est différent, nous espérons que vous le verrez aussi. Il présente les réglementations et les prescriptions selon le principe « KISS* », en illustrant les principes et les solutions avec de nombreux graphiques. Et le meilleur dans tout ça : vous n'avez pas à le lire du début à la fin. Contentez-vous de feuilleter ce livret et commencez par ce qui attire votre attention. Bonne lecture !

**KISS = keep it short and sweet (faire court et agréable)*

Table des matières

INTRO

- La société Axelent 4-7
- Problèmes fréquents et ? 8
- Appréciation du risque 9-12
- Recherche de normes 13-14
- Conception de protecteurs appropriés
et mesures liées aux systèmes de commande 15-16
- Rétrofit de machines existantes 17-19

RÈGLES DE BASE

- Appréciation du risque : pourquoi et comment 20-27
- Réduire le risque 28-29
- Sélection et conception de protecteurs de machine 30-37
- Règles relatives aux interrupteurs de
protection/sécurité 38-40
- Clés captives, verrouillage de modes de fonctionnement
et de portes 41-42
- Sélection et conception de systèmes de commande 43-51
- Arrêt d'urgence 52-55
- Sécurité des robots – de « cages » à « cobots » 56-61
- Liste des normes de sécurité les plus importantes
pour les machines 62-63

FAQ

- FAQ 64-69
- L'auteur 70
- Axelent Group 71

Axelent – une marque de renommée mondiale pour la sécurité des machines

AXELENT EST UNE SOCIÉTÉ SUÉDOISE disposant d'une vaste expérience dans la fabrication de systèmes de barrières grillagées sous la forme de systèmes de protection et de cloisonnement pour l'industrie, les entrepôts et la construction. Rapidité, sécurité et service sont les mots d'ordre qui caractérisent l'ensemble de notre organisation et de nos activités. Nous sommes leader du marché dans plusieurs secteurs et nos produits sont représentés partout dans le monde.

Chez Axelent, nous savons ce qu'un arrêt de production peut coûter et nous sommes conscients des conséquences d'une sécurité déficiente dans la production. Nous savons également qu'il peut être compliqué de s'y retrouver dans les réglementations liées à la sécurité des machines.

C'est pourquoi nous proposons à tous nos clients un pack sécurité. Une approche holistique au centre de laquelle se trouvent les dispositifs de protection des machines testés et approuvés, associés à notre savoir-faire et notre service après-vente pour vous fournir une solution de sécurité efficace et mise en place rapidement pour vos machines. Axelent a pour but de devenir votre partenaire sécurité, quel que soit l'endroit dans le monde où vous vous trouvez.

Un choix sûr

Axelent possède un savoir étendu et approfondi en matière de sécurité pour l'industrie, les entrepôts et les travaux de construction. N'hésitez pas à nous contacter pour obtenir un environnement aussi sûr et sécurisé que possible grâce à nos produits.



A close-up photograph of a safety barrier. On the left, a yellow horizontal bar is visible, partially obscured by a black metal grid. The grid consists of a series of parallel lines that curve away from the viewer, creating a sense of depth. The background is a plain, light-colored surface.

X-Guard® – une nouvelle manière de penser dans l'univers des protections de machines

X-Guard est une toute nouvelle gamme de protecteurs de machines conforme aux nouvelles exigences de la Directive Machines du 29 décembre 2009 relative aux protecteurs permanents.

Avec son large éventail de composants standard et d'accessoires, X-Guard est garanti apte à couvrir tous les besoins possibles en matière de protection de machines.



X-Pack™ - Notre propre système d'emballage nous permet de placer tous nos panneaux grillagés sur des palettes créées spécialement à cet effet pour un assemblage rapide et sans problème. Toutes les livraisons sont enveloppées dans du plastique avec les instructions d'assemblage et toute autre documentation de livraison.



Axellent, Hillerstorp, Suède



Axelent dispose des capacités nécessaires pour produire 80 000 grillages par mois.



Problèmes fréquents et ?

FACE AUX TÂCHES RELATIVES À LA SÉCURITÉ DES MACHINES,

beaucoup passent leur chemin en disant « C'est trop difficile, ce n'est pas pour moi ». Quelle est la raison principale de cette réaction ? Les sociétés et les personnes souffrent simplement d'un manque de savoir-faire.

Tout le monde pense que la sécurité des machines est un sujet compliqué. Rejoignez-nous pendant une minute et détendez-vous.

Ce manque a 2 origines :

1. **La politique d'information**, notamment de la part des organismes de normalisation, est encore déficiente. Les informations sont présentées de manière inutilement compliquée.
2. **Les instituts techniques et universités** ont largement échoué jusqu'à présent à intégrer les questions de conformité des produits et de sécurité dans leurs cursus.

Axelent n'est pas en mesure de changer ses conditions mais nous pouvons, et nous allons, faire beaucoup pour vous aider à vous en sortir et à avancer. Comment ? Simplement en vous fournissant les informations et le savoir-faire qu'il vous faut.

Considérez nos brèves réponses à 4 problèmes clés impliqués :

1. **Appréciation du risque**
- quelle est la méthode la plus adaptée ?
2. **Recherche de normes**
- quand cela est-il nécessaire et comment faire ?
3. **Mesures de protection**
- lesquelles sont les plus adaptées, quels sont les besoins ?
4. **Rétrofit de machines existantes**
- va-t-il falloir mettre des marquages CE partout ?



Appréciation du risque

L'APPRÉCIATION DU RISQUE (ou sa documentation) est souvent absente lorsque les sociétés doivent présenter leurs documents de conformité à un client, ou pire, aux autorités. Beaucoup considèrent cela comme une sorte « d'art secret » ou comme une perte de temps.

Pourquoi effectuer une appréciation du risque ?
Il existe au moins trois bonnes raisons :

1. **C'est exigé par la loi, la base étant la directive Machines 2006/42/CE.**
2. **Il est presque impossible de concevoir une machine avec un niveau suffisant de sécurité sans approche systématique.**
3. **Nous souhaitons tous éviter d'apprendre à nos dépens : par les accidents.**

Les erreurs principales dans l'appréciation du risque sont les suivantes :

- Elle est abordée de manière bien plus laborieuse que nécessaire.
- Elle est effectuée trop tard, quand la conception du produit est plus ou moins terminée ou que la machine/le système sont déjà construits.

Voici deux consignes qui vont vous aider

1 Procédez de manière simple et claire : Suivez une approche basée sur les tâches (c'est aussi une exigence de l'EN ISO 12100, chapitre 5) :

1. **Identifiez les étapes importantes de la vie du produit** (appelées « phases de vie ») : transport, installation, exploitation, maintenance, dépannage...

2. **Définissez des tâches dans ces phases de vie.**

Une tâche est un procédé automatique ou une action de l'opérateur. Des tâches typiques dans la phase d'exploitation sont par exemple : insertion de la pièce (manuellement), démarrage du procédé, poinçonnage/fraisage/polissage/soudage automatique, retrait de la pièce finie de la machine.

3. **Chercher les dangers** pour chaque tâche définie. Par exemple, le poinçonnage automatique dans une presse provoque un écrasement/cisaillement et du bruit.
4. **Estimez le risque.** L'écrasement dans une presse peut coûter une main ou un bras. Les presses de grandes dimensions peuvent tuer quelqu'un. Étant donné que des pièces doivent souvent être insérées, le danger est fréquent. Et comme les presses font des mouvements rapides, les personnes ne peuvent que difficilement échapper à ce danger. (Pour normaliser l'estimation des risques, vous utiliserez une méthode issue de l'une des normes européennes).

5. **Concevez une mesure de sécurité.**
6. **Vérifiez comment concevoir correctement** la mesure (état de l'art selon les directives et les normes). Cette dernière étape est la plus difficile car elle implique de rechercher des normes (à ce sujet, consulter le chapitre « Recherche de normes »).

Déterminez les dangers

- Dans chaque phase de vie
- Pour chaque procédé
- Pour chaque activité

Estimez le risque

- Selon EN ISO 13849-1
- Déterminez le PL_r

Déterminez des mesures de protection

- Décrivez la mesure
- Recherchez les normes pour la conception correcte

Phase de vie : Tâche	Danger	Événement dangereux	Estimation des risques					Mesure de protection	Directive/norme
			S	F	P	PL_r	Arguments		
4 Opération : 4.1 Insertion pièce, démarrage	Écrasement, cisaillement, impact	Si quelqu'un est présent dans la course de mouvement des axes pendant l'opération, il pourrait être blessé	2	2	1	d	S: Perte probable d'un membre du corps F: Insertion de plusieurs pièces par heure P: Danger observable, vitesse de mouvement moyenne, démarrage par pression intentionnelle sur un élément de commande	Barrière immatérielle avec résolution de détection de 14 mm du côté chargement. Arrête tous les mouvements si une personne entre dans la zone protégée	DM Annexe I 1.4.3, 1.4.2.1 EN ISO 12100 6.3.2.5

L'ILLUSTRATION ci-dessus montre clairement la structure logique d'une appréciation du risque basée sur les tâches. N'importe qui peut l'apprendre en une demi-journée. Pour une description plus détaillée, voir le chapitre « Appréciation du risque, pourquoi et comment » dans la partie noire de ce guide, RÈGLES DE BASE.



Appréciation du risque

- Suivez une approche basée sur les tâches (c'est aussi une exigence de l'EN ISO 12100, chapitre 5)
- Effectuez l'appréciation du risque pendant que le produit est encore « sur le papier »

2 Procédez tôt :

Effectuez l'appréciation du risque pendant que le produit est encore « sur le papier ». Les toutes premières étapes de conception sont encore trop tôt. Mais une fois qu'il est à peu près clair quelle sera la manière de fonctionner de la machine et quelles seront les éléments mobiles nécessaires pour réaliser cette fonction, vous devriez commencer.

Plus vous effectuez l'appréciation du risque tard, plus ce sera difficile et chronophage, et moins ce sera approfondi.

Commencer tôt vous aidera également à éviter deux conséquences fréquentes des appréciations incorrectes :

1. **Changements de conception tardifs et coûteux.**
2. **Des machines dangereuses qui provoquent des accidents, des réclamations par les autorités ou même des poursuites judiciaires.**

L'appréciation du risque est utile voire indispensable pour un certain nombre d'autres procédés dans le développement, la fabrication, les tests et le service après-vente.

Informations sur les directives et normes appliquées

- Rédaction de la déclaration de conformité ou de la déclaration d'incorporation.

Description des limites des machines

- Rédaction de « Remarques relatives à la sécurité » dans les instructions d'utilisation.

Liste des phases de vie et des tâches

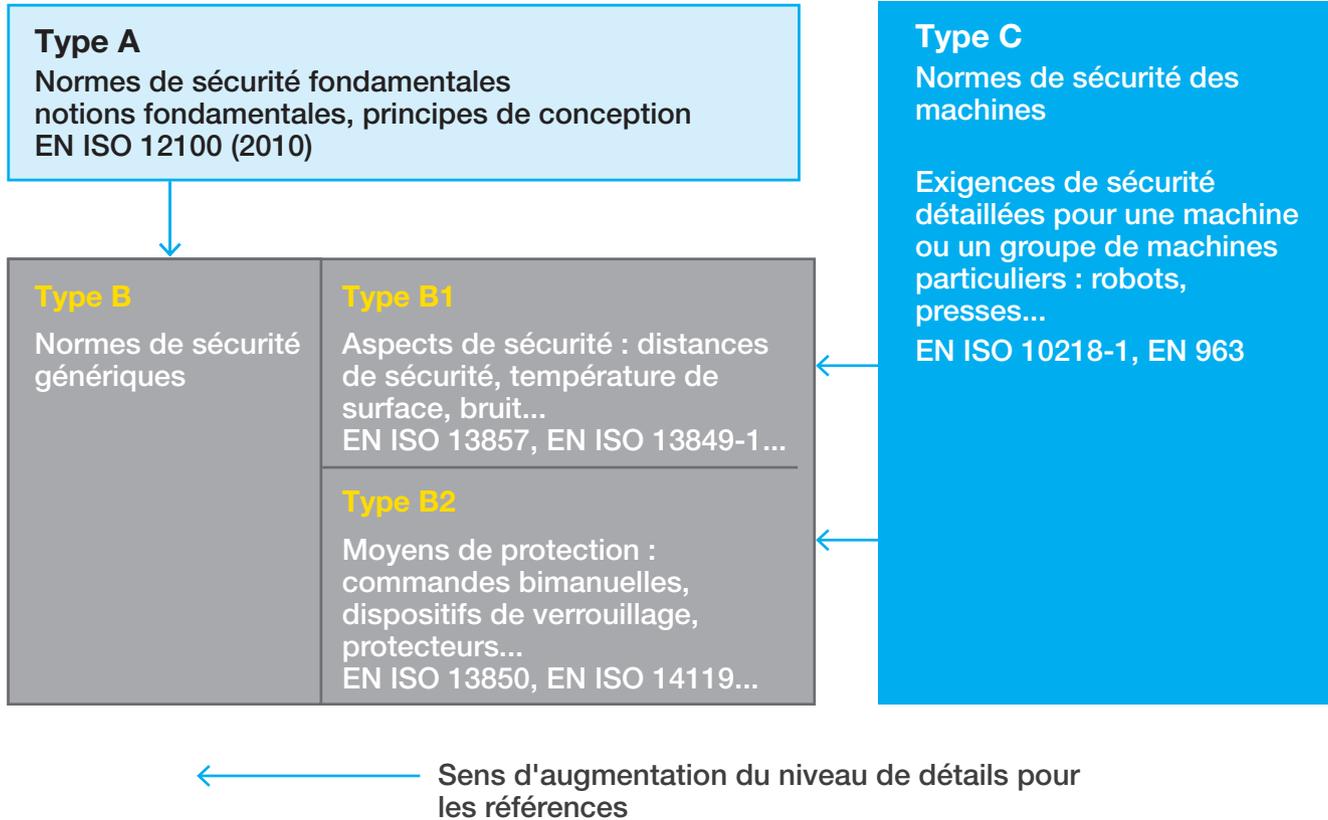
- Conception des modes et procédures de fonctionnement du système de commande.
- Structuration des instructions d'exploitation.

Descriptions des protecteurs et dispositifs de sécurité

- Rédaction de la liste de contrôle d'acceptation pour le banc d'essai.
- Conception de panneaux et symboles d'avertissement sur la machine.
- Rédaction de la liste des mesures de protection dans les instructions d'exploitation.
- Rédaction de messages d'avertissement dans les instructions d'exploitation.

Description des fonctions de sécurité du système de commande

- Conception des parties relatives à la sécurité du système de commande.



Recherche de normes

IL EXISTE UNE NORME DE TYPE A AVEC DES RÈGLES FONDAMENTALES DE SÉCURITÉ. Ensuite il y a environ 100 normes de type B contenant des détails relatifs aux problèmes et mesures de sécurité. Enfin, il y a environ 500 normes de type C qui détaillent des conceptions de sécurité propres à une machine. Cela fait un total de plus de 600 normes. « Sont-ils fous à Bruxelles ? »

Non. Toutes ces normes sont nécessaires pour quelqu'un. Mais la bonne nouvelle est : dans la plupart des projets, il ne vous en faudra pas plus de 8 à 10. Mais lesquelles ? La réponse se trouve dans la recherche de normes. Cela ressemble à un autre « art secret » mais ce n'est pas le cas. N'importe qui peut le faire et on peut presque toujours le faire de son bureau avec un ordinateur, une connexion internet et rien d'autre.

Ce qui va vous aider

Pour commencer il faut comprendre la structure du programme de normes.

Les normes de sécurité sont organisées en un système logique permettant de les rechercher en partant d'un problème pour aboutir à une solution. Il y a deux points de départ possibles pour la recherche. (Voir le graphique page 14)

Stratégie de recherche 1 : de la norme du produit aux détails de la solution

Commencez par la norme de type C pour le type de machine que vous fabriquez. Une liste complète des normes de type C est téléchargeable sur :

<http://ec.europa.eu/growth/single-market/european-standards/harmonised-standards>

Les normes de type C contiennent une appréciation du risque générale pour le type de machine et décrivent les mesures de sécurité qui se sont avérées suffisantes. Pour décrire ces dernières avec plus de détails, elles peuvent se référer à des normes de type B.

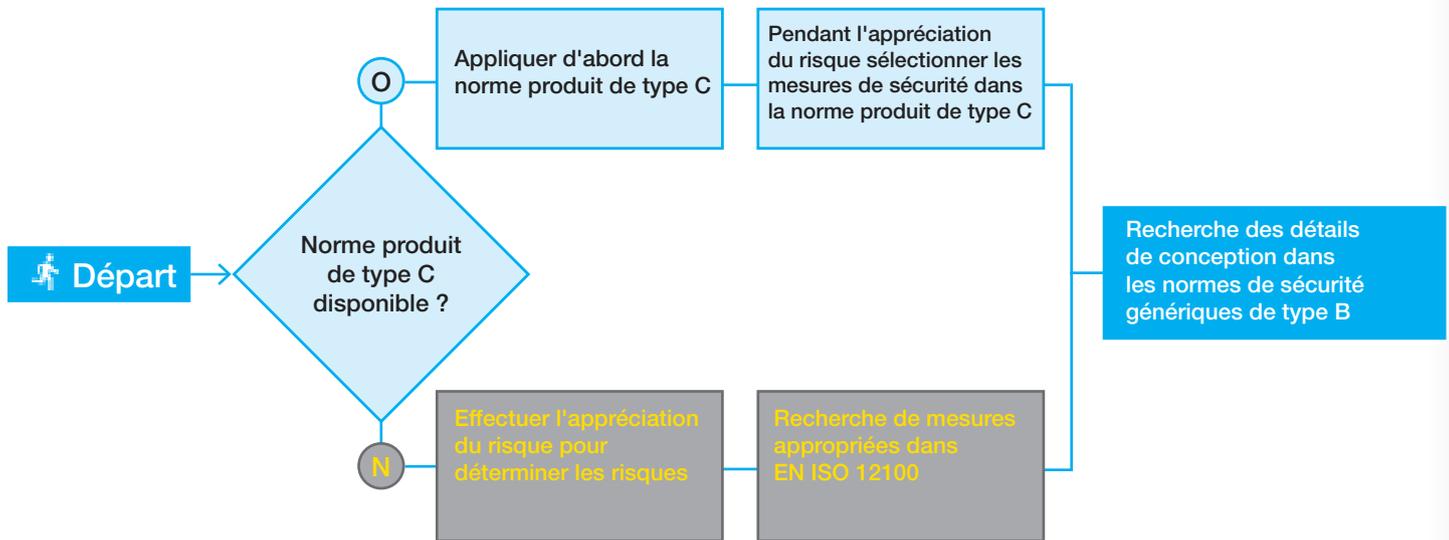
Exemple : une norme de type C pour les machines-outils telles que les tours (EN ISO 23125) exige un protecteur avec des portes mobiles verrouillables. Pour cette exigence de sécurité, elle se réfère aux normes EN ISO 14120 (conception de protecteurs) et EN ISO 14119 (conception de dispositifs de verrouillage donnant des détails sur la conception correcte des protecteurs).

Cheminement de la recherche : → produit exigence prédéfinie → détails de la solution.



Recherche de normes

- Stratégie 1: de la norme du produit aux détails de la solution
- Stratégie 2: du danger aux différentes solutions



Stratégie de recherche 2 : du danger aux différentes solutions possibles

Commencez par la norme de type A EN ISO 12100, s'il n'existe pas de norme de sécurité pour le type de machine que vous fabriquez.

Pendant l'appréciation du risque, déterminez les dangers et recherchez des mesures de sécurité applicables dans la norme EN ISO 12100 (les chapitres 6.2 et 6.3 détaillent celles-ci).

Pour décrire ces dernières de manière plus détaillée, l'EN ISO 12100 peut se référer à des normes de type B.

Exemple : pendant l'appréciation du risque, vous déterminez que les pièces chaudes peuvent causer un problème. L'EN ISO 12100 vous indique que le fait de recouvrir ou d'isoler thermiquement peut être nécessaire selon la température. Afin de déterminer

la température de contact max. autorisée pour certains matériaux, elle se réfère à la norme EN ISO 13732-1, qui définit les températures de contact admissibles pour différents matériaux et différentes durées de contact.

Cheminement de la recherche :

Risque identifié → différentes solutions possibles → détails de la solution

Suivre ces stratégies de recherche vous aidera à trouver les exigences applicables sans avoir à vérifier un grand nombre de normes. Cela vous aidera également à éviter de dépenser inutilement pour des normes dont vous n'avez pas réellement besoin. Un jour, peut-être, les organismes de normalisation mettront tout le programme de normes en ligne, dans un unique outil de recherche. Nous votons pour.

Conception de protecteurs appropriés et de mesures liées au système de commande

Face à une situation de danger, les concepteurs de machine doivent souvent relever le défi de trouver une mesure de sécurité qui :

- Est sûre de manière raisonnable
- Fonctionne
- Est performante (n'entrave pas l'utilisation et ne prolonge pas la durée d'un cycle)
- Est abordable (n'entraîne pas une forte augmentation des coûts)

Cela ressemble à la « quadrature du cercle ». Mais ce n'est pas si difficile. Il suffit de garder deux objectifs en ligne de mire pour réussir :

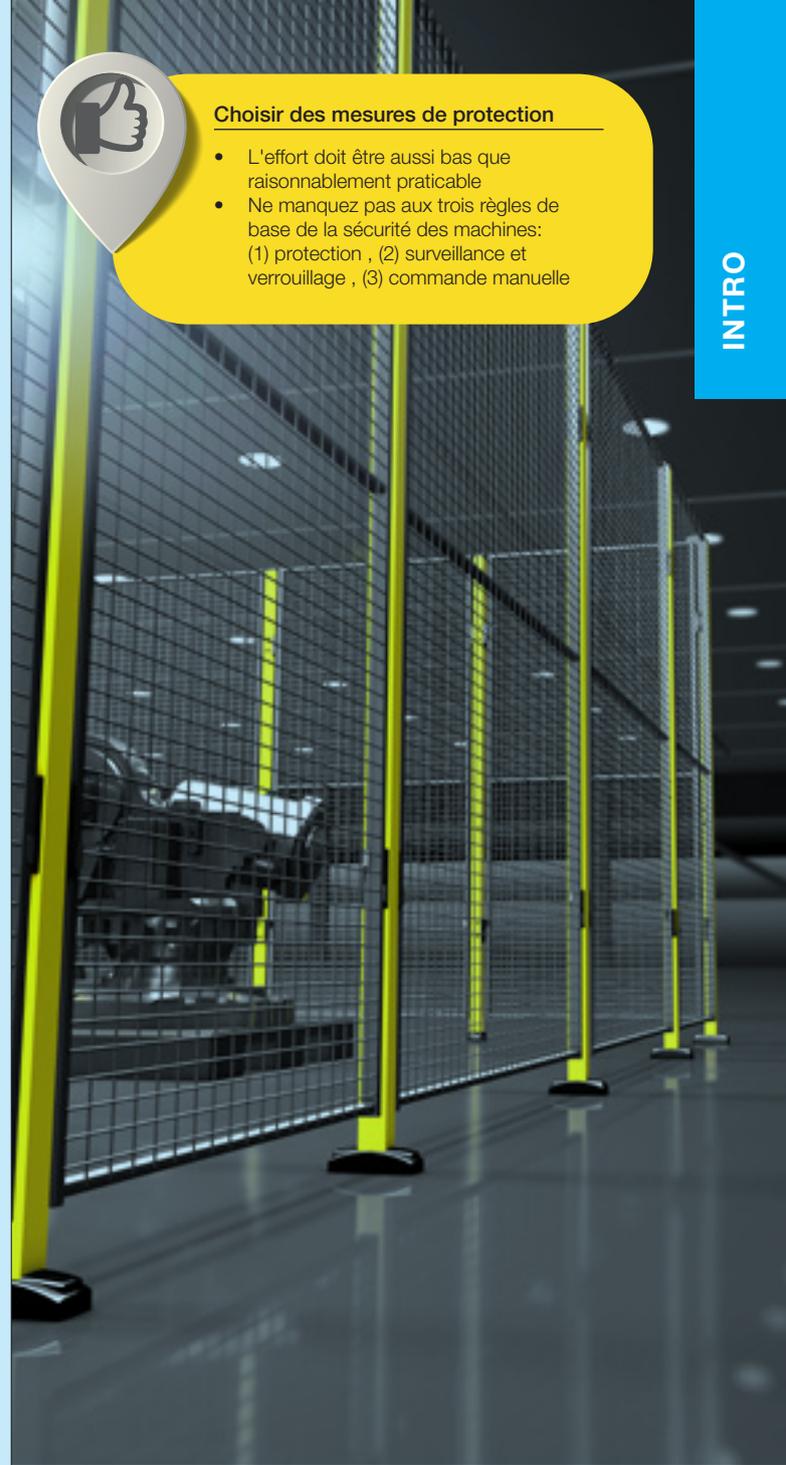
1 Suivre une approche ALARP :

L'effort doit être aussi bas que raisonnablement praticable (As Low As Reasonably Possible). Appliquer ce principe à tous les aspects ci-dessus, sauf le premier. La sécurité des machines est avant tout la réduction maximale du risque. La fonctionnalité, la performance et le coût sont secondaires. Si vous renversez ces priorités, vous obtiendrez une machine qui n'est pas sûre. Ne compromettez jamais la sécurité uniquement pour réduire les coûts ou augmenter la performance.



Choisir des mesures de protection

- L'effort doit être aussi bas que raisonnablement praticable
- Ne manquez pas aux trois règles de base de la sécurité des machines: (1) protection , (2) surveillance et verrouillage , (3) commande manuelle





Protection



Surveillance et verrouillage



Commande manuelle

2 Ne manquez pas aux trois règles de base de la sécurité des machines :

1. Protection. s'il existe un danger lié à un élément mobile, à des surfaces chaudes ou à une décharge électrique en cas de contact, n'autorisez jamais un contact involontaire des personnes avec le danger.

C'est-à-dire :

- Ne permettez pas que des éléments mobiles dangereux fonctionnent à découvert.
- Ne permettez pas que les surfaces chaudes et les parties sous tension puissent être touchées.

En d'autres termes : mettez le lion en cage, enfermez le danger (ou enfermez les personnes hors du danger).

2. Surveillance et verrouillage. Si vous ne pouvez pas suivre la première règle, surveillez l'intervalle de temps pendant lequel des personnes pourraient entrer en contact avec la source du danger.

Éliminez le danger avant que la personne puisse venir en contact avec celui-ci :

- Arrêtez un élément mobile en cas de détection d'une personne s'approchant au moyen d'une barrière immatérielle, d'un scanner laser, d'un système de caméras, d'un tapis-contact, d'un capteur à ultrasons ou infrarouge, etc.
En d'autres termes : endormez le lion à l'aide

d'une fléchette d'anesthésique avant qu'il ne puisse manger la personne.

Utilisez des capteurs et le système de commande pour surveiller la présence de personnes ou de dangers (ou les deux).

3. Commande manuelle. Si vous ne pouvez pas suivre la première ou la deuxième règle, faites accepter le danger par la personne. Dès que possible, assurez-vous que la personne puisse mettre fin au danger à temps.

C'est-à-dire :

- Forcez la personne à appuyer sur un ou deux boutons pour démarrer et confirmer un mouvement ou une situation de danger. Placez le(s) bouton(s) en dehors de la zone dangereuse ou à une distance sûre, si possible (deux boutons : commande bimanuelle ou bouton de démarrage plus validation).
- Réduisez la vitesse des mouvements pour que la personne ait le temps de réagir et de relâcher le(s) bouton(s).

En d'autres termes : amenez la personne à « apprivoiser » le lion ou le contrôler à distance.

Pour de plus amples détails sur la sélection des bonnes mesures de sécurité, prolongez la lecture au chapitre « noir » RÈGLES DE BASE sous « Critères de sélection des protections ».

Retrofit de machines existantes

LES CYCLES DE VIE DES PRODUITS sont de plus en plus courts. Il y a 20 ans, les constructeurs automobiles renouvelaient la conception d'une série de voitures tous les huit à dix ans, maintenant c'est tous les quatre ans avec un lifting entre-temps. Les téléphones mobiles pourraient facilement durer quatre ou cinq ans (si on ne les faisait pas tomber). Mais de nouveaux designs et des nouvelles fonctions logicielles (voire même la durée de vie artificiellement basse des batteries pour les batteries non remplaçables) vous forcent à passer à un nouveau modèle presque tous les ans. L'homme est devenu fou et le monde autour de lui aussi.

En production, cela implique des modifications constantes des usines, des machines et autres équipements. De nouvelles fonctions sont intégrées dans des « vieilles » machines, le rendement est accru, les opérations manuelles sont automatisées, voire tout cela en même temps.

Les rénovations de ce type sont économiques, mais elles ont des conséquences sur la sécurité.

Les nouvelles fonctions et l'automatisation sont synonymes de nouveaux dangers, et plus de rendement signifie plus de risque. De plus : entre le moment originel de mise sur le marché de la « vieille » machine et maintenant, les normes du produit et de sécurité du travail peuvent avoir changé. Mauvaise nouvelle : la plupart du temps, pour ne pas dire systématiquement, elles deviennent plus strictes. Ainsi, une modification « mineure » peut entraîner un remaniement

majeur des caractéristiques de sécurité. Ceci est particulièrement vrai pour la sécurité des systèmes de commande. Les changements peuvent être si « substantiels » qu'une nouvelle déclaration de conformité s'avère nécessaire.

Le retrofit soulève des questions complexes :

- Quand le nouveau marquage CE est-il vraiment nécessaire ?
- Quelles règles et quelles normes s'appliquent pour la machine existante et les nouveaux éléments ou fonctions ?
- Comment une technologie « d'âge moyen » ou obsolète peut-elle être modifiée pour être conforme aux normes actuelles de sécurité ?

Même les experts en sécurité se retrouvent souvent dépassés par ces questions.



Retrofit de machines existantes

- Vérifiez la sécurité de la machine existante
- Vérifiez si la modification est une « transformation substantielle »
- Effectuez une appréciation du risque à propos des modifications
- Visez le marquage CE si les modifications prévues constituent une « transformation substantielle »

Tout projet de retrofit est systématiquement à aborder en suivant les étapes suivantes :

1. Vérifiez la sécurité de la machine existante.

Basez la vérification sur les normes applicables sur la sécurité du travail. La plus importante de ces normes est la directive CE 2009/104/CE « Prescriptions minimales de sécurité et de santé pour l'utilisation par les travailleurs au travail d'équipements de travail ». Dans l'annexe I on y trouve une liste de prescriptions de sécurité qui doivent être respectées par tous les équipements, indépendamment de leur ancienneté.

Certaines fonctions de sécurité des machines existantes peuvent ne plus fonctionner correctement ou avoir été retirées. Prenez bonne note de ce type de changement.

Si la machine n'est pas conforme aux prescriptions de l'annexe I de la norme 2009/104/CE, le projet de retrofit doit garantir que ces prescriptions seront respectées après.

2. Vérifiez si la modification est une « transformation substantielle ».

Ce terme et certains critères de décision ont été publiés dans le guide de la Commission européenne pour l'application de la directive Machines § 39 et 72 ainsi que dans une interprétation publiée par le gouvernement allemand. Une liste de contrôle et un formulaire de demande de documentation sont disponibles auprès d'Axelent ProfiServices (des interprétations supplémentaires des autorités de votre pays sont éventuellement disponibles étant donné que ce sujet n'a pas encore été abordé de manière uniforme par l'UE).

3. Effectuez une appréciation du risque à propos des modifications.

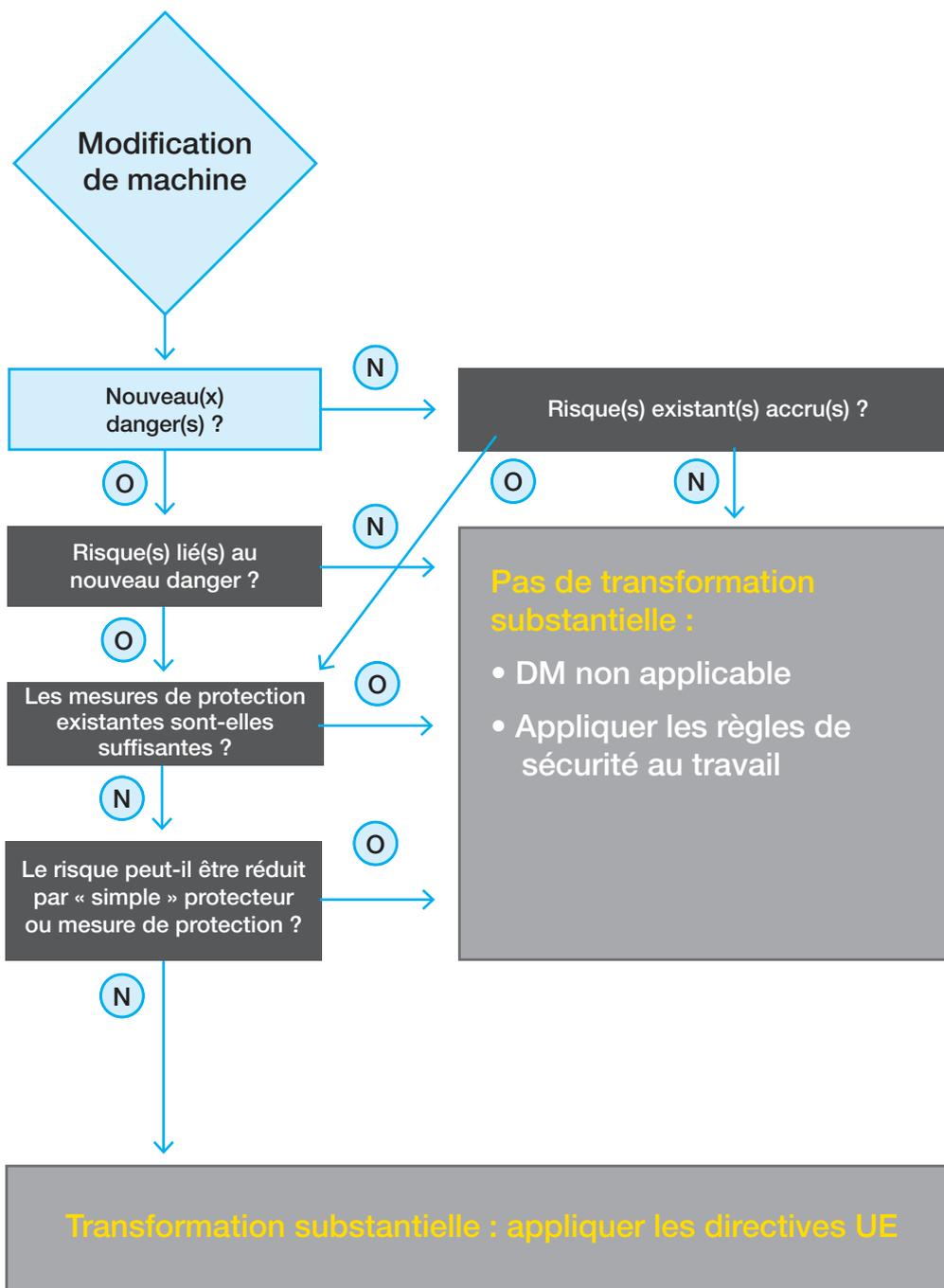
Essayez de conformer au maximum les mesures de sécurité aux normes de sécurité actuelles.

Assurez-vous de remplacer les anciens composants de sécurité, particulièrement s'ils ont fonctionné au-delà de leur durée de service, p. ex. beaucoup plus longtemps que dix ans (interrupteurs et soupapes de sécurité, contacteurs, relais de sécurité, etc.).

Contrôlez également :

- Les raccords vissés liés à la sécurité (état et serrage des écrous et boulons).
- Les tuyaux (en particulier les tuyaux hydrauliques ne devraient pas avoir plus de 6 ans ni montrer aucun signe de dommage ou de condensation).
- Le câblage (vérifier notamment l'isolation, prendre également des échantillons de l'isolation de base de conducteurs individuels. Sur les machines plus anciennes, l'isolation des câbles peut être poreuse ou se désagréger en miettes lorsque vous la frottez entre vos doigts. Si c'est le cas sur un échantillon, remplacer le câble complet).
- L'état des structures en acier et des éléments mobiles qui sont soumis à des contraintes constantes. Ils peuvent présenter des fissures et des fêlures. Sur les presses, certaines pièces sont éventuellement à examiner au moyen d'essais aux liquides colorés ou par particules aimantées, ou à l'aide d'équipements à ultrasons ou optiques.

4. Visez le marquage CE. Si les modifications prévues constituent une « transformation substantielle ». Cela peut s'avérer particulièrement difficile quand il s'agit de la documentation, car celle-ci est souvent absente et éventuellement non disponible auprès du constructeur d'origine. Concentrez-vous sur la documentation relative à la sécurité. Assurez-vous que tout est réuni pour garantir un fonctionnement continu en toute sécurité. Cela inclut les remarques relatives à la sécurité, la description des procédures de fonctionnement, la description des procédures de maintenance et de dépannage, y compris les consignes de sécurité, les schémas électriques ainsi que les schémas hydrauliques et pneumatiques.





Il n'est pas nécessaire de tout savoir. Mais seulement ce qui est important pour votre entreprise. Nous avons rassemblé ici une liste de règles et de lois que vous devez connaître quand il s'agit de sécurité des machines.

Règles de base

« Normes de sécurité », ce simple terme donne des frissons à de nombreux ingénieurs ou concepteurs de production. La normalisation est un sujet aride présenté dans une langue souvent incompréhensible en des termes mystérieux.

Pour simplifier l'accès à certaines des normes de sécurité les plus importantes pour les machines, les chapitres suivants présentent les règles qu'elles contiennent de manière plus pratique et complétée par des illustrations claires.

Appréciation du risque : pourquoi et comment

APPRECIATION DU RISQUE : POURQUOI ? Lors de la conception de machines, les ingénieurs se concentrent avant tout sur la fonction, la performance et l'économie. La sécurité les préoccupe rarement, et notamment pas dans les phases initiales du projet.

Toutefois, il peut s'avérer très difficile d'intégrer ultérieurement un fonctionnement en toute sécurité dans le concept fonctionnel et opérationnel global. En effet, les mesures de sécurité ajoutées durant les phases finales du projet entravent bien souvent l'accessibilité et la performance de la machine. Par conséquent, le mieux est de réfléchir aux dangers générés par une fonction dès le départ et de concevoir des mesures le plus tôt possible pour les neutraliser.

Procédez en trois étapes :

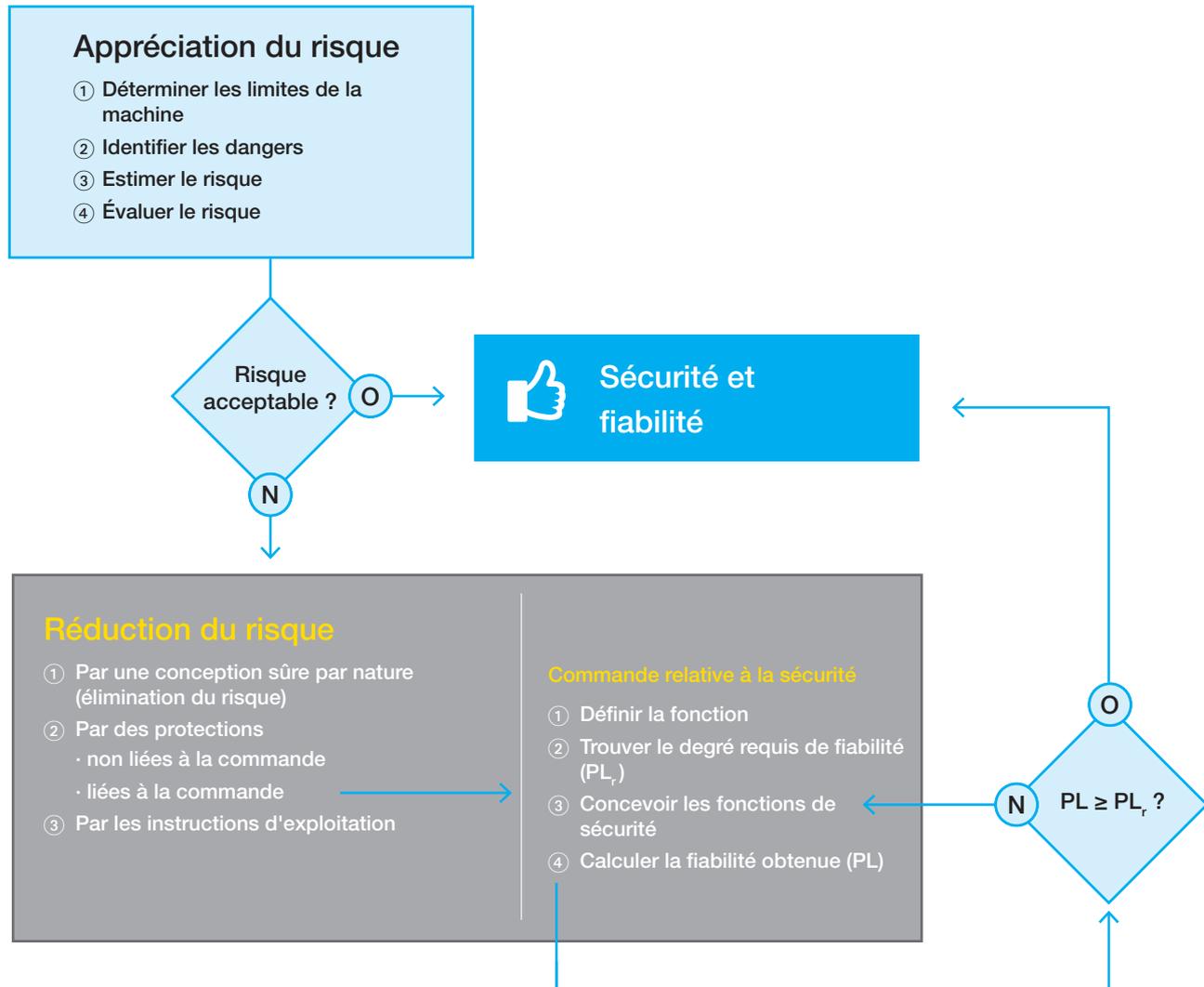
- ① Si possible, éliminez le danger.
- ② Si vous ne pouvez pas éliminer le danger ou si cela serait trop cher, enfermez le danger (ou enfermez les personnes hors du danger).
- ③ Si vous ne pouvez pas maintenir les mains et les pieds des personnes à l'écart, surveillez la présence de personnes près du danger, pour l'arrêter à temps.

Ce processus d'identification des dangers, de détermination de leur potentiel de risque puis de réduction ou d'élimination de ces risques est appelé « appréciation du risque ».

Dans le passé, les ingénieurs ne suivaient pas une approche méthodique des problèmes de sécurité, mais avec l'introduction de la Directive Machines de 1995, « l'appréciation du risque » est devenue l'étape la plus importante pour accéder à la conformité avec les dispositions de l'UE.



De l'appréciation du risque au produit sûr





En quoi consiste l'appréciation du risque

- Spécifier les fonctions de la machine
- Identifier les dangers causés par les fonctions
- Estimer le risque impliqué (blessures et probabilité de survenue)
- Chercher à éliminer ou réduire le risque

5

Procédure à suivre pour l'appréciation du risque

La directive Machines (dans l'introduction de l'annexe I) spécifie cinq étapes à suivre pour l'appréciation du risque

- ① Déterminer les limites de la machine, comprenant son usage normal et tout mauvais usage raisonnablement prévisible
- ② Recenser les dangers pouvant découler de la machine et les situations dangereuses associées
- ③ Estimer les risques, compte tenu de la gravité d'une éventuelle blessure ou atteinte à la santé et de leur probabilité
- ④ Évaluer les risques, en vue de déterminer si une réduction des risques est nécessaire
- ⑤ Éliminer les dangers ou réduire les risques associés à ces dangers en appliquant des mesures de protection, selon l'ordre de priorité établi au point 1.1.2(b).



Comment identifier les dangers ?

- Définir les situations d'exploitation
- Chercher les dangers se produisant dans celles-ci
- Ne pas juste suivre une liste de dangers

Étape 1 · Déterminer les limites

Dans la première étape, les limites de la machine sont définies. Six catégories de limites sont prévues, avec quelques questions d'orientation :

- ① Quel est l'usage normal (application et ses limites)
- ② Dans quel domaine la machine sera-t-elle utilisée (secteur privé / industrie)
- ③ Par qui la machine sera-t-elle probablement utilisée (qualifications professionnelles des opérateurs, personnel de service)
- ④ Limites concernant l'espace (espace requis, interfaces avec d'autres machines, interface homme-machine)
- ⑤ Limites concernant le temps (durabilité, périodicité de maintenance pertinente pour les éléments relatifs à la sécurité)
- ⑥ Matériels utilisés avec la machine (lubrifiants, fluides et gaz dangereux)

Phase de vie		Événement ou objectif de sécurité	Mesure	Directives/normes	Estimation du risque EN 60204-1				
Tâche	Danger				S	F	P	A	C
4 Exploitation, modes de fonctionnement					S4	F5	P2	A3	10
4.1. Remplir de déchets	Ecrasement Coupeure ou tranchage Éléments rotatifs Enchevêtrement Éléments mobiles Happement ou coincement	Si l'opérateur remplit la machine pendant le fonctionnement, il risque d'entrer en contact avec les lames de coupe rotatives et être happé et blessé.	Type de mesure : combinaison de protecteurs et dispositifs de protection (lic) : Combinaison de protecteurs fixes et d'un protecteur mobile à dispositif de verrouillage : panneaux fixes sur trois côtés (boulonnés au cadre), volet de type basculant sur le côté de remplissage avec verrouillage. Voir figure 1	EN ISO 13732-3: 2008 EN ISO 12100: 2011 : 6.3.3.2.2 et 6.3.3.2.3 EN 1088 (ISO 14119): 2008 DM 2006/42/CE: 2006 : Ann. I 1.4.2.2	S : perte de la main/du bras F : accès très fréquent requis P : démarrage spontané exclu conception de la commande La conception de l'ouverture requiert l'utilisation délibérée (chaise, etc.) pour accéder à l'ouverture, entraînant la distance de sécurité. A : la vitesse de mouvement rend le danger quasiment inévitable, l'opérateur devrait utiliser de l'aide pour accéder à l'ouverture à la distance de sécurité.				
	Coupeure ou	L'opérateur risque d'être happé par les	Type de mesure : combinaison de protecteurs et dispositifs de protection (lic) :	EN ISO 12100: 2011 : 6.3.2.2, 6.3.2.3 DM 2006/42/CE: 2006 : 1.4.2.1, 1.4.2.2	S4 F3 P2 A1 6				

Étape 2 · Identifier les risques

Dans le passé, la seconde étape était souvent effectuée en suivant une liste des dangers mécaniques, dangers électriques, dangers thermiques, etc. Pour chaque danger, la liste ajoutait quelques lignes de description. Bien que cette approche ne soit pas entièrement mauvaise, elle néglige de nombreuses situations dangereuses puisque l'objectif est de chercher des situations correspondant à certains types de problèmes (« où, quand et comment une personne peut-elle se blesser à cause du danger mécanique d'écrasement ? »).

Il vaut mieux définir toutes les situations pertinentes en suivant une chronologie allant du transport à l'élimination (les « phases de vie ») puis se demander « Quels sont les dangers inhérents à cette situation ? ». Cette approche fait maintenant partie du chapitre 5.4 de la norme EN ISO 12100.

Cette norme exige que l'analyse des risques soit organisée par « phases de vie », elles-mêmes divisées en ce que la norme appelle des « tâches ».

Une tâche peut être :

- une activité exécutée par une personne (opérateurs, personnel de service, ajusteurs mécaniciens...)
- un processus automatique dans la machine (un mouvement, montée de la pression...)
- une combinaison des deux points précédents

Cette approche permet de simplifier l'analyse, car la/les personne(s) chargée(s) de l'appréciation du risque peut/peuvent se concentrer sur une situation spécifique survenant à un endroit et un moment spécifique. À propos de la situation définie, il suffit alors de se demander : « Qu'est-ce qui pourrait mal se passer, blesser quelqu'un ou causer un dommage important ? »

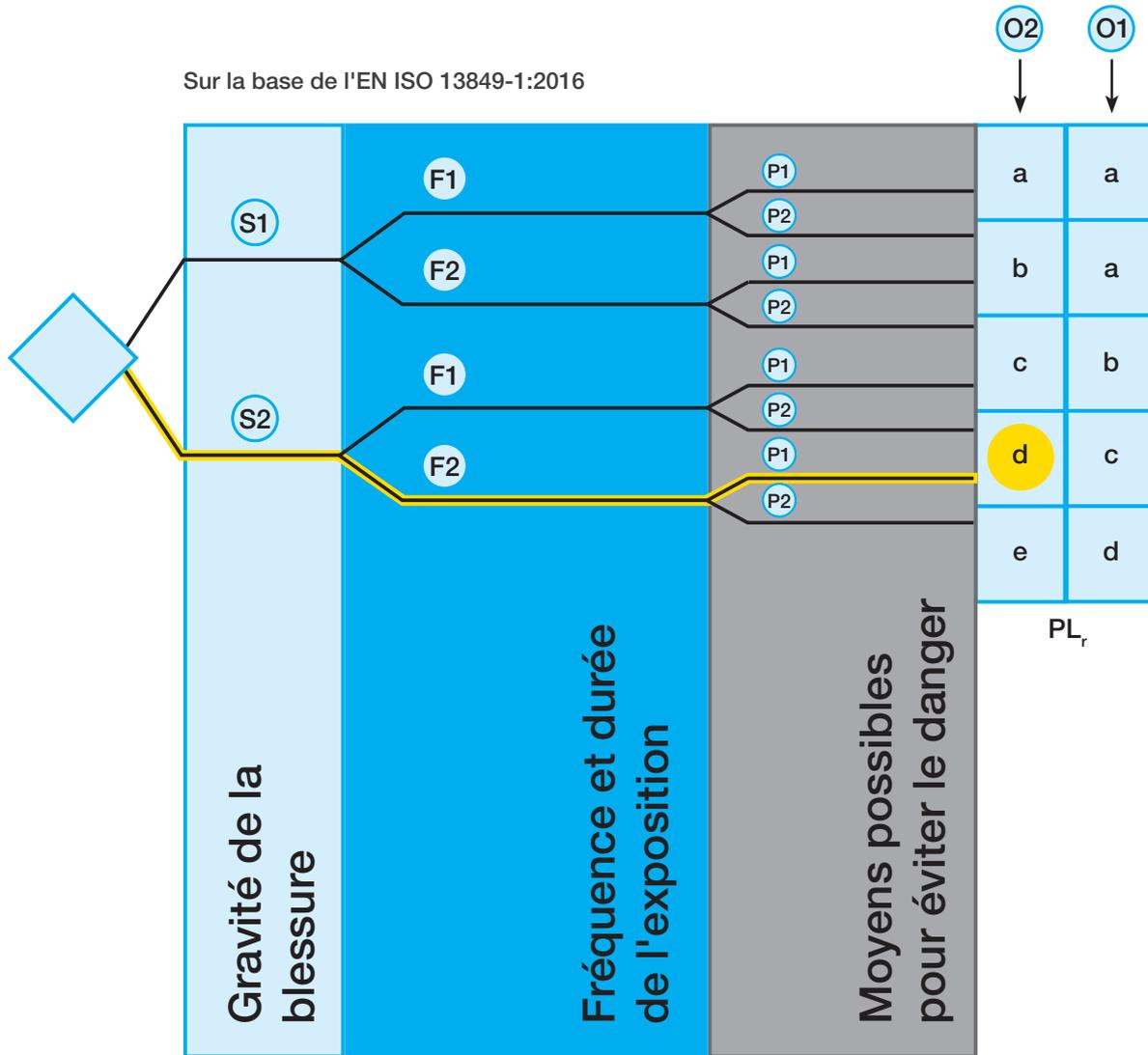
Un exemple se trouve ci-dessous.

Dans cet exemple, la phase de vie évaluée est l'exploitation d'un déchiqueteur de déchets industriel en mode de fonctionnement automatique. La tâche est « remplir la machine », ce qui est fait manuellement.

Les trois colonnes suivantes indiquent les dangers et leurs causes, suivis d'une description plus détaillée de la situation de danger inhérente à la tâche. Comme on le voit dans l'exemple, une tâche peut posséder plusieurs dangers différents et situations de danger associées.



Sur la base de l'EN ISO 13849-1:2016



S1 blessure légère

S2 blessure grave, irréversible d'une ou de plusieurs personnes, ou mort

F1 rare à assez fréquente

F2 fréquente à continue (> 1 toutes les 15 minutes)

P1 possible sous certaines conditions

P2 quasiment impossible

O1 faible probabilité de survenue

O2 forte probabilité de survenue

Étape 3 · Estimer le risque

Une fois les dangers identifiés, on peut poursuivre avec l'estimation du risque. Généralement, le risque est le produit de deux facteurs :

- la blessure directe la plus grave liée à la situation (p. ex. perte de doigts, d'une main, d'un bras, etc.)
- la probabilité de celle-ci (sous-divisée en deux ou trois aspects en fonction de la méthode utilisée)

Dans la plupart des cas, il est entièrement suffisant d'estimer uniquement la gravité de la blessure. Lorsque la blessure encourue peut être grave (niveau S2 selon EN ISO 13849-1 ou S3/S4 selon EN 62061), les concepteurs devront obligatoirement chercher une solution pour éliminer ou réduire le risque.

Dans l'exemple montré, l'estimation du risque inclut quatre éléments selon EN 62061 :

- gravité de la blessure
- fréquence et durée de l'exposition au danger
- probabilité de survenue
- capacité à détecter le danger et s'échapper à temps de la situation dangereuse

Étape 4 · Évaluer le risque

La quatrième étape répond simplement à la question : ce risque peut-il être toléré ou est-il nécessaire d'éliminer le danger ou de réduire le risque ? De manière générale, la blessure grave est toujours une raison valable pour tenter de réduire le risque. Toutefois, les concepteurs doivent chercher à réduire tout risque au niveau qui est autorisé par les directives et les normes UE. Ainsi, l'étape 4 implique la recherche de normes, laquelle nécessite des outils externes comme les bases de données, etc.

Les niveaux de risque admissibles peuvent varier d'un produit à l'autre. Dans le cas d'une tronçonneuse, il est toujours assez normal qu'un opérateur puisse se blesser ou blesser quelqu'un sérieusement. Mais on ne l'accepterait pas pour une scie circulaire stationnaire. L'acceptabilité de risques spécifiques est déterminée aujourd'hui en grande partie par les normes EN, EN ISO et CEI.

Étape 5 · Éliminer le danger ou réduire le risque

Quand le risque est considéré comme inacceptable, le concepteur choisira des mesures visant soit à éliminer le danger, soit au moins à réduire le risque. Cela peut inclure la réduction de la gravité des blessures possibles ou de la probabilité de leur survenue. La directive Machines impose trois étapes pour trouver les solutions adéquates :

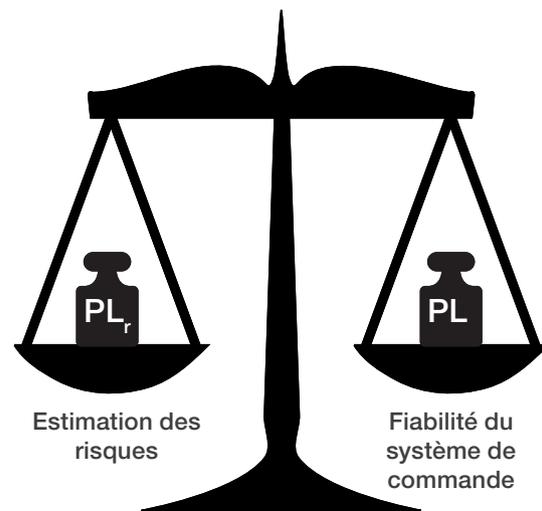
- éliminer le danger, c'est-à-dire modifier la conception de manière à maîtriser le danger (par exemple ébavurer les bords tranchants)
- ajouter des protecteurs et des dispositifs de commande relatifs à la sécurité (barrières, capots, interrupteurs de sécurité, rideau lumineux...)
- instruire les opérateurs et autres groupes concernés concernant le risque résiduel et les précautions à prendre (avertissement sur le produit ou dans les instructions, exigence du port d'équipement de protection individuelle, etc.)

Estimation des risques – au-delà de l'EN ISO 13849-1

NOMBRE D'INGÉNIEURS, lorsqu'il s'agit d'appréciation du risque, pensent en premier lieu à « l'estimation des risques », qui détermine la sévérité d'une situation dangereuse. Ils souhaitent d'abord estimer les risques sans mesures de protection, puis effectuer une seconde estimation après la mise en œuvre de ces dernières.

Mais est-ce vraiment nécessaire ? La réponse est simplement non. Les normes applicables n'exigent pas ce type d'analyse. En particulier lorsque l'estimation des risques vise principalement à déterminer le niveau de performance (PL) ou le niveau d'intégrité de sécurité (SIL) pour des fonctions de commande, une estimation des risques résiduels n'a pas de sens.

Imaginez une balance à fléau. D'un côté, mettez le résultat de l'estimation des risques, le PL_r ou le SIL_{cl} . PL_r définit la fiabilité requise du circuit de commande. De l'autre côté de la balance, mettez une fonction de système de commande qui est suffisamment fiable, atteignant le PL/SIL requis. La balance à fléau est en équilibre et les exigences sont remplies. Il n'y a donc pas lieu d'effectuer une nouvelle estimation des risques.



Estimation des risques initiaux/résiduels

Qu'en est-il si vous souhaitez quand même une comparaison des risques (initiaux/résiduels) ou si votre client final la demande ? La méthode décrite dans l'EN ISO 13849-1 n'est pas vraiment adaptée, car elle n'a que deux niveaux pour chaque élément de risque. Afin de comparer les risques avant et après la mise en œuvre des mesures, il vous faut une méthode ayant une résolution plus élevée.

Le tableau ci-dessous montre les critères présentés dans l'EN 62061. Il s'agit de la méthode d'estimation des risques documentant le mieux les risques, avec la meilleure résolution et par conséquent recommandée par Axellent.

Cette méthode possède quatre niveaux de sévérité, cinq niveaux de fréquence et de probabilité et trois niveaux d'évitement. Ainsi, les différences entre les risques initiaux et résiduels se voient facilement.

Il faut s'assurer toutefois de réduire l'élément de risque correct dans l'estimation des risques résiduels. Dans la plupart des applications, les mesures de protection ne changeront pas la sévérité du dommage possible. Cela ne serait possible qu'en réduisant la force motrice. Dans la plupart des cas, le seul changement réside dans la probabilité de l'apparition du danger.

Sévérité du dommage		Classe CI (Fr+Pr+Av)				
		3-4	5-7	8-10	11-13	14-15
4	Irréversible : mort, perte d'un œil ou d'un bras	12-16 SIL 2	20-28 SIL 2	32-40 SIL 2	44-52 SIL 3	56-60 SIL 3
3	Irréversible : membre(s) brisé(s), perte d'un (de) doigt(s)	9-12 OM	15-21 OM	24-30 SIL 1	33-39 SIL 2	42-45 SIL 3
2	Réversible : nécessitant l'attention d'un praticien médical	6-8 OM	10-14 OM	16-20 OM	22-26 SIL 1	28-30 SIL 2
1	Réversible : nécessitant des premiers soins	3-4 OM	5-7 OM	8-10 OM	11-13 OM	14-15 SIL 1

OM = autres mesures recommandées

- Risque faible
- Risque moyen
- Risque élevé

Fréquence et durée de l'exposition (Fr) ¹		Probabilité d'apparition (Pr)	
5	≥ 1 par heure	5	Très forte
5	< 1 par heure à ≥ 1 par jour	4	Probable
4	< 1 par jour à ≥ 1 toutes les 2 semaines	3	Possible
3	< 1 toutes les 2 semaines à ≥ 1 par an	2	Rare
2	< 1 par an	1	Négligeable
Probabilité d'évitement ou de limitation d'un dommage (Av)			
5	Impossible		
3	Rare		
1	Probable		

¹ Si la durée est < 10 minutes, la valeur peut être réduite au niveau suivant. Cela ne s'applique pas si la fréquence de l'exposition est ≥ 1 par heure.

La sécurité technique doit être réalisée au degré maximum possible avant de considérer les avertissements comme mesure de sécurité.

Réduire le risque

LA DIRECTIVE MACHINES indique précisément trois étapes et exige que celles-ci soient toujours respectées. La sécurité doit être intrinsèque au produit (1). Si cela n'est pas possible, elle doit être prise en compte dans la conception du produit (2). Enfin, le niveau le plus bas de sécurité est celui où elle dépend de la volonté et des actions des personnes (3). Il implique l'ajout d'avertissements et devrait constituer l'exception plutôt que la règle.

La sécurité des machines est avant tout une question de réduction du risque. En général, il y a trois stratégies fondamentales possibles :

1. Se débarrasser de la source du danger. Cela est souvent désigné par conception « à sécurité intrinsèque ». Un bon exemple serait plier les bords des tôles pour éliminer les bords coupants. Mais bien souvent, la sécurité intrinsèque est difficile ou impossible à réaliser. Par exemple, pour couper des arbres, une tronçonneuse aura toujours besoin d'une chaîne avec des dents aux bords coupants.

2. Empêcher le danger de blesser quiconque en prenant des mesures techniques. Pour cela, il faut appliquer l'une des trois stratégies suivantes :

- Empêcher le contact entre la source du danger et les personnes. On peut alors utiliser des barrières, des capots ou autres « protecteurs ».
- Surveiller l'accès des personnes à la source du danger et éliminer le danger avant que la personne puisse l'atteindre. On peut alors utiliser le « verrouillage » de portes, des barrières immatérielles, des scanners laser, des tapis-contact, etc.

- Laisser la personne contrôler le danger en « acceptant » celui-ci. Pour cela, on peut prévoir un bouton dit « nécessitant une action maintenue », un bouton de validation ou un système de commande bimanuelle. Dès que la personne relâche l'élément de commande, le danger est terminé.

3. Avertir les personnes du danger et leur montrer comment l'éviter. On utilise à cet effet des avertisseurs lumineux et sonores, des panneaux et des étiquettes ou des messages et des avertissements de sécurité dans le manuel d'utilisation.

Dans ce livret, nous n'aborderons que la deuxième étape : assurer la sécurité par des mesures techniques.

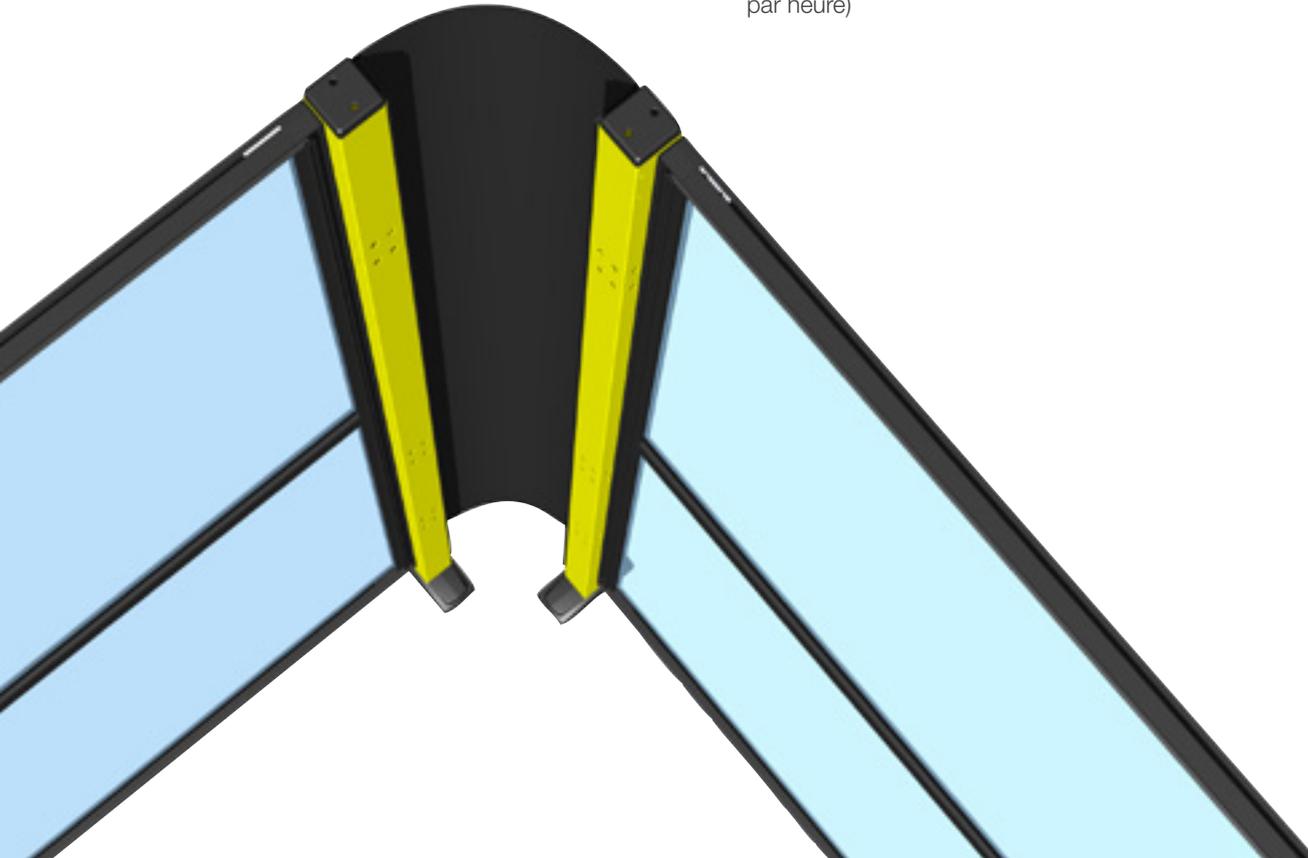
Critères de sélection de dispositifs de protection

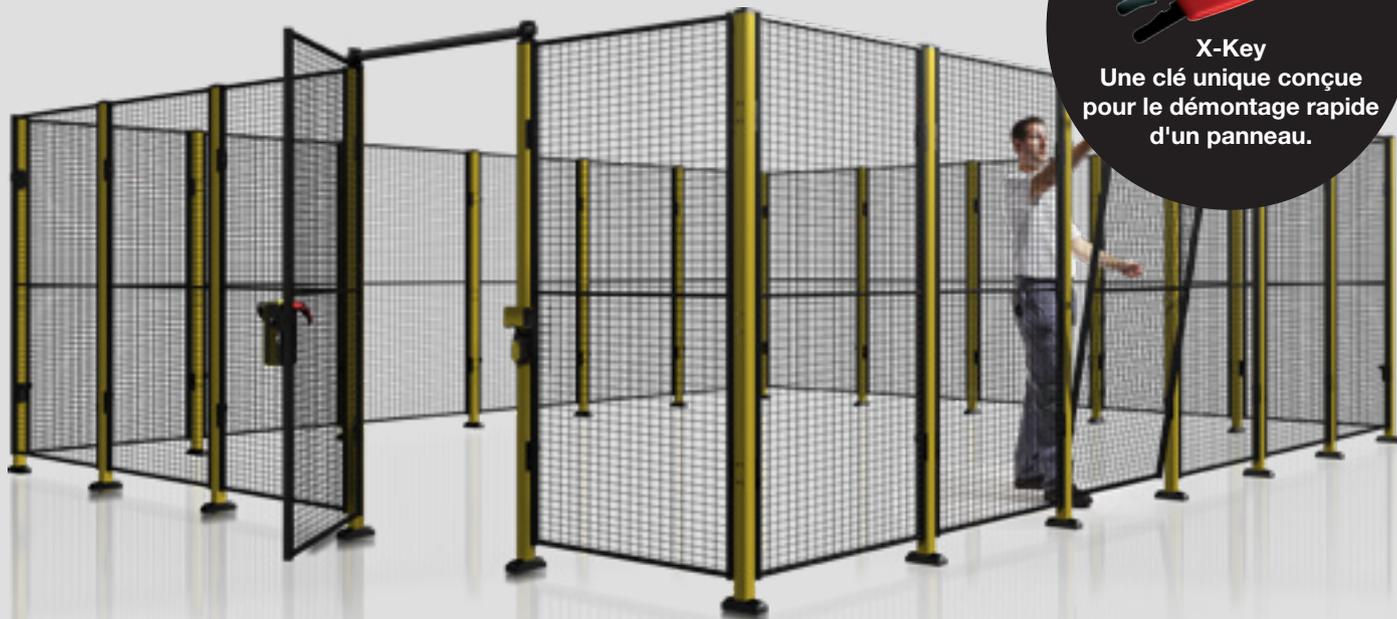
Un protecteur est une barrière physique empêchant que quiconque ait accès à une source de danger. Une barrière Axellent est un exemple typique. Vous pouvez également considérer le problème depuis l'autre côté de la barrière : la barrière doit empêcher le danger d'atteindre les personnes. Toutefois, les protecteurs sont souvent une gêne lorsque l'on souhaite régler la machine, réparer des erreurs ou effectuer des travaux de maintenance.

En prendre conscience permet d'aider à comprendre les deux critères principaux de sélection pour les moyens de protection :

Le type de danger – écrasement, cisaillement et/ou éjection d'éléments, projections de liquides, etc.

La fréquence d'accès requise – aucun accès requis, rare (moins d'une fois par semaine), fréquent (p. ex. tous les jours voire plusieurs fois par heure)





X-Key
Une clé unique conçue
pour le démontage rapide
d'un panneau.

Sélection et conception de protecteurs de machines

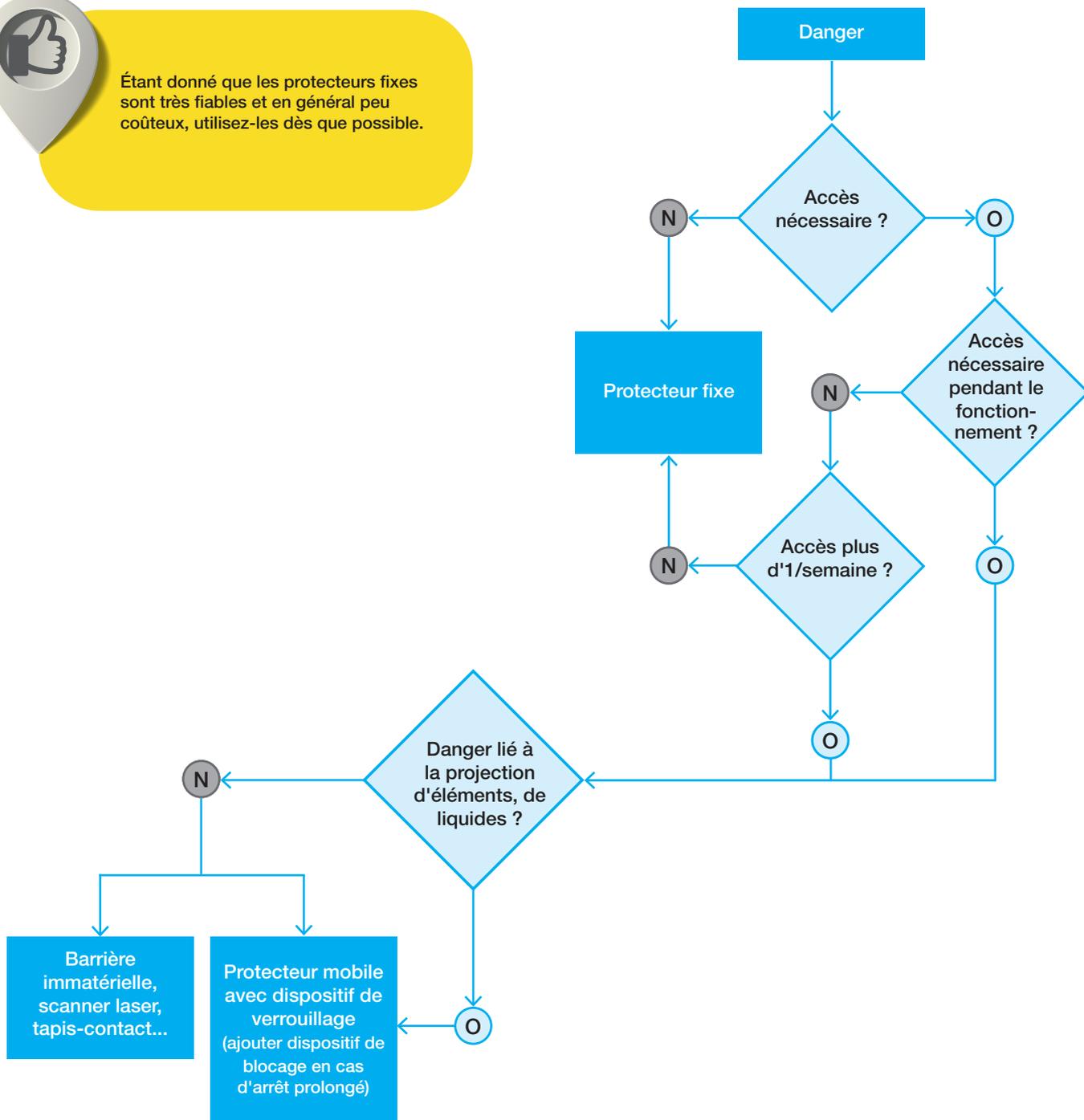
Si la fréquence d'accès à une zone dangereuse requise est rare (en général moins d'une fois par semaine), on utilisera des protecteurs dits fixes. Un protecteur fixe est une enveloppe empêchant l'accès et maintenant le danger à l'intérieur de la machine. Il est considéré comme faisant partie de la machine et non comme un type d'accessoire facultatif.

Trois règles de base s'appliquent aux protecteurs fixes :

1. **Il doit être adapté et suffisamment** résistant pour le danger prévu.
2. **Il doit être impossible de l'enlever sans utiliser d'outil** (une pièce de monnaie n'est pas un « outil », mais un tournevis ou une clé standard sont OK). Les fixations ne doivent pas pouvoir être perdues après le retrait. Elles doivent donc demeurer sur le protecteur ou sur la machine (voir ci-dessous pour plus de détails).
3. **Il ne doit pas rester en place lorsque toutes les fixations ont été retirées** (dans la mesure du possible d'un point de vue physique, et s'il n'y a pas de danger – vous ne laisseriez pas un panneau de 20 kg simplement tomber sur le sol après en avoir desserré tous les boulons).



Étant donné que les protecteurs fixes sont très fiables et en général peu coûteux, utilisez-les dès que possible.



Pourquoi et comment les fixations de protecteurs doivent-elles être inamovibles ?

Lorsque l'exigence des fixations « imperdables » est apparue la première fois, cela n'est pas passé inaperçu. Mais l'UE en a clarifié l'utilisation dans le « Guide pour l'application de la directive Machines » publié pour la première fois en 2009 (cette clarification est maintenant aussi donnée dans la nouvelle norme EN ISO 14120).

Les fixations imperdables sont à utiliser quand :

- Le protecteur doit être enlevé pour des activités planifiées telles que le réglage, le dépannage ou la maintenance (effectuées moins d'une fois par semaine).
- La perte des fixations est probable par ailleurs.

Le système X-Guard d'Axelent est toujours conforme aux exigences, puisqu'il ne dispose pas de fixations amovibles, mais une clé X-Key est requise pour retirer les panneaux. Les fixations imperdables ne sont pas nécessaires lorsque les protecteurs doivent être retirés uniquement pour une révision importante ou le transport vers un nouveau site d'installation.



Déterminer la hauteur adéquate d'une barrière de protection

Les normes européennes exigent une hauteur de 140 cm minimum. Les barrières plus basses sont faciles à enjamber et donc interdites. Dans la plupart des cas, les barrières seront beaucoup plus hautes.

La hauteur adéquate dépend de deux grandeurs :

- la hauteur de la zone dangereuse au-dessus du sol
- la distance horizontale de l'extérieur de la barrière à la zone de danger

Lorsque ces dimensions sont connues, la hauteur requise de la barrière est disponible dans le tableau ci-dessous, qui est extrait de la norme EN ISO 13857.



Remarque : il y a également des distances minimales à respecter entre l'intérieur d'un panneau grillagé et la zone dangereuse.

Ouverture des mailles	Distance de sécurité
20 x 50 mm	≥ 120 mm
30 x 50 mm	≥ 200 mm

Si vous devez vous rapprocher par manque d'espace, utilisez des panneaux pleins.

Hauteur de la zone dangereuse au-dessus du sol a	Hauteur du protecteur b									
	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2500	2700
	Distance de sécurité horizontale jusqu'à la zone dangereuse c									
2700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2600	900	800	700	600	600	500	400	300	100	0
2400	1100	1000	900	800	700	600	400	300	100	0
2200	1300	1200	1000	900	800	600	400	300	0	0
2000	1400	1300	1100	900	800	600	400	0	0	0
1800	1500	1400	1100	900	800	600	0	0	0	0
1600	1500	1400	1100	900	800	500	0	0	0	0
1400	1500	1400	1100	900	800	0	0	0	0	0
1200	1500	1400	1100	900	700	0	0	0	0	0
1000	1500	1400	1000	800	0	0	0	0	0	0
800	1500	1300	900	600	0	0	0	0	0	0
600	1400	1300	800	0	0	0	0	0	0	0
400	1400	1200	400	0	0	0	0	0	0	0
200	1200	900	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau : déterminer la hauteur de la barrière de protection



Le verrouillage est exigé pour les portes/ portails prévus pour des accès fréquents (>1/semaine).

Protecteurs mobiles pour accès fréquents

Si une zone dangereuse doit être accessible fréquemment (généralement plus d'une fois par semaine), on utilisera des protecteurs dits mobiles.

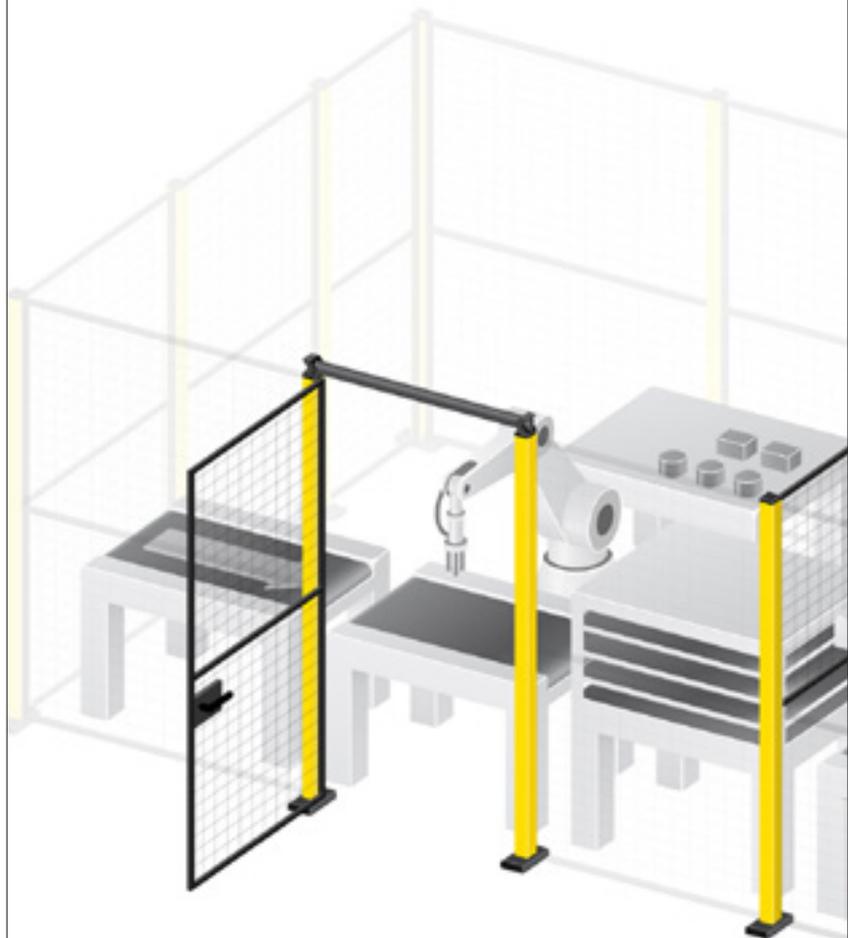
Ceux-ci répondent à deux exigences principales :

- Le système de commande de la machine doit surveiller l'état du protecteur (ouvert/fermé). Il doit arrêter tout mouvement / toute situation dangereux dans la machine quand le protecteur est ouvert.
- Il doit être impossible de démarrer des mouvements dangereux tant que le protecteur est ouvert.

On appelle cela « verrouillage » car le mouvement de/des (l')entraînement(s) est « verrouillé » en fonction de l'état du protecteur.

La plupart des protecteurs mobiles à dispositif de verrouillage se présentent sous la forme de portes. Mais il existe d'autres types (mentionnés ultérieurement dans ce chapitre).

L'état des portes est surveillé par des interrupteurs de protection ou de sécurité (le terme correct mais quelque peu prétentieux dans les normes est « dispositif de verrouillage »). Ils existent essentiellement sous trois formes et des règles assez strictes s'appliquent à leur utilisation (voir page 38).

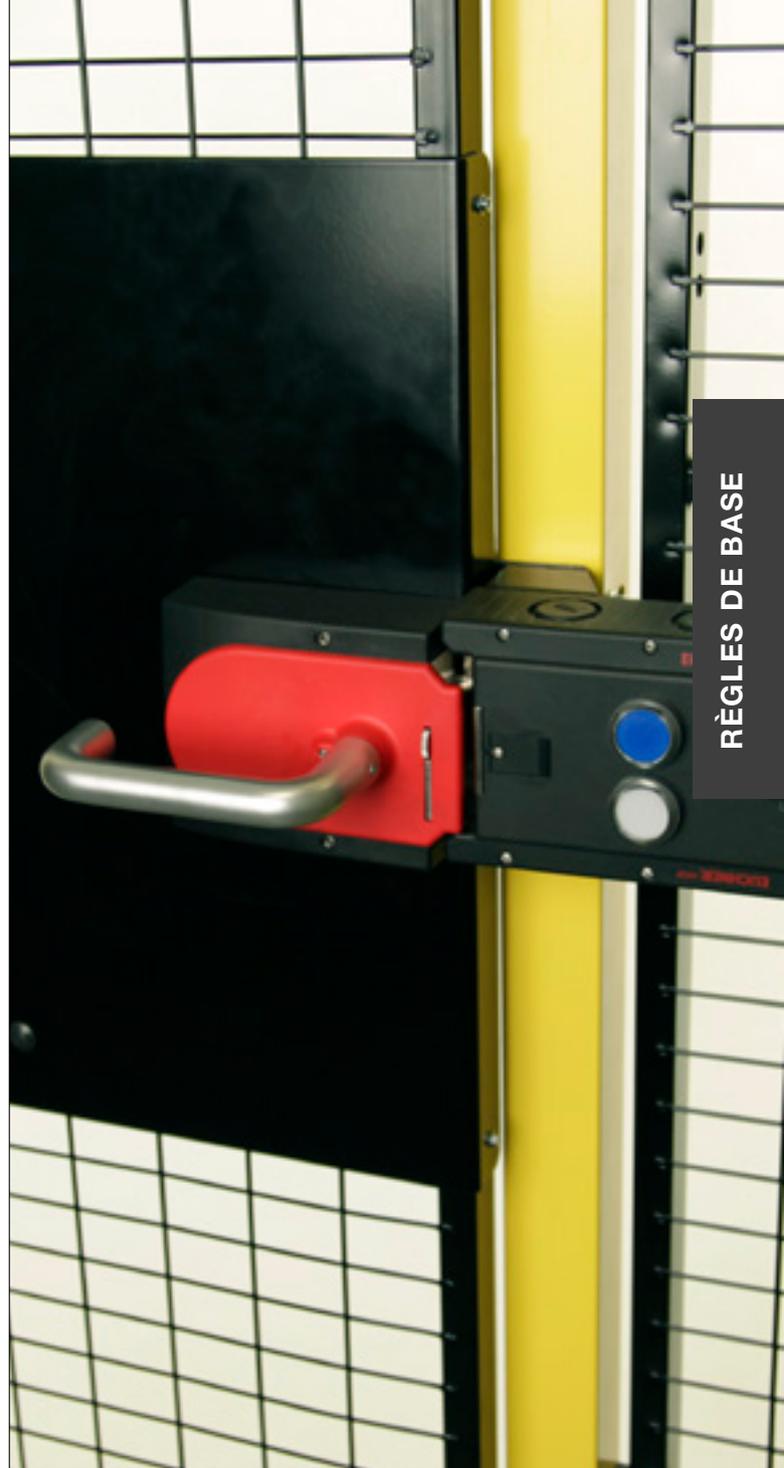


Pas d'ouverture pendant le fonctionnement (dispositif de blocage)

Parfois la machine aura besoin de temps pour s'arrêter quand un protecteur est ouvert. Des personnes pourraient quand même atteindre des éléments mobiles, ce qui est dangereux. Dans de tels cas, le protecteur mobile est équipé d'un blocage électrique qui empêche l'ouverture tant que le mouvement continue. Cela s'appelle « dispositif de blocage ».

Si un opérateur souhaite pénétrer dans la zone dangereuse en passant par une porte bloquée, il devra en « informer » le système de commande. Pour cela, il appuiera sur un bouton-poussoir ou sur un bouton d'un écran tactile. Alors, la machine s'arrêtera ou se mettra dans un état sûr. Ensuite, le système de commande déverrouillera la porte. En cas de défaillance de courant, les portes équipées d'un dispositif de blocage restent normalement bloquées.

Le dispositif de blocage est également utile quand l'ouverture de portes pendant le fonctionnement entraînerait des défaillances. Toutefois, ces dispositifs ne sont pas considérés comme des fonctions de sécurité, car ils ne sont pas installés pour assurer la sécurité proprement dite. Dans de tels cas, des dispositifs de blocage magnétiques sont souvent utilisés, car ils permettent une ouverture en cas de défaillance de courant.



Pas de démarrage à la fermeture

Certains constructeurs vont régler la commande de manière à ce que le mouvement (re)démarré immédiatement quand une porte est fermée. Pourtant, en général, c'est interdit. La fermeture de la porte ne fait que réinitialiser le verrouillage. Il sera encore nécessaire d'appuyer sur un bouton de démarrage.

Si la fermeture du protecteur doit démarrer le fonctionnement, on appelle cela un « protecteur commandant la mise en marche ».

Les limites sont assez strictes pour ces protecteurs :

- La durée d'ouverture doit être courte et surveillée. Si le protecteur est ouvert plus longtemps que programmé, un redémarrage est empêché.
- La fermeture du protecteur peut mettre en marche uniquement un cycle court.
- Le protecteur doit être maintenu ouvert de manière sûre afin d'en prévenir la fermeture accidentelle (qui entraînerait une mise en marche).
- Tous les autres protecteurs doivent être verrouillés, si bien qu'il n'y a aucun type d'accès non surveillé à la zone dangereuse.

Protecteurs motorisés

Pour économiser du temps ou pour déplacer des protecteurs lourds et imposants, des entraînements électriques, pneumatiques, voire hydrauliques sont parfois employés pour motoriser les protecteurs. Les éléments mobiles motorisés constituent souvent un danger d'écrasement ou de cisaillement. Dans ce cas, le protecteur doit être équipé d'équipements de sécurité supplémentaires. En outre, la force/vitesse des protecteurs mobiles est à maintenir dans des limites étroites.

Sans dispositifs de sécurité supplémentaires, une force de 75 N et une énergie de 4 J ne doivent pas être dépassées par un protecteur en train de se fermer. Ceci permet de prévenir les fractures des membres voire des lésions encore plus graves. Mais 7,5 kg sur votre doigt font quand même mal.

Pour cette raison, des « barres de déclenchement » sont utilisées sur les protecteurs motorisés. Une barre de déclenchement est un type de rail ou de lamelle en caoutchouc qui détecte la présence de parties du corps sur le trajet du protecteur mobile. La force actionnée par le protecteur déclenche ce dispositif et le protecteur s'arrête voire retourne dans sa position ouverte. La force de déclenchement est limitée à 150 N et 10 J.



Les protecteurs motorisés peuvent blesser les personnes. Assurez-vous qu'ils ne soient ni trop puissants ni trop rapides.

Protecteur motorisé avec « barre de déclenchement » détectant des parties du corps

Conseil : vous pouvez utiliser des balances électroniques ordinaires placées sous le protecteur pour déterminer grossièrement la force (1 kg sur l'écran correspond à environ 10 N). Utilisez des contrepoids ou une autre forme de réduction de la force (limiteurs de couple à friction, soupapes de réduction de pression, limiteurs de couple).



Interrupteur à poussoir à galet, Bernstein ENK-SU1Z RIW (avec l'autorisation de Bernstein AG)



Interrupteur à charnière, Schmersal TESK (avec l'autorisation de K.A. Schmersal GmbH & Co. KG)



Interrupteur à poussoir à galet Siemens 3SF1234-1KC05-1BA1 (avec l'autorisation de Siemens AG)

Règles relatives aux interrupteurs de protection/sécurité

Il existe quatre types d'interrupteurs montés sur les protecteurs (appelés « dispositifs de verrouillage ») :

1. Interrupteurs à actionnement mécanique par le biais d'un rail, d'une plaque ou d'une came sur le protecteur ou même par la porte elle-même (tous ces interrupteurs sont non codés).

Ces interrupteurs sont rarement utilisés aujourd'hui car leur installation requiert quelques efforts de conception et d'assemblage.

Si vous les utilisez, respectez les points suivants :

- Installez-les de telle manière qu'ils ne puissent pas bouger de leur position d'installation juste sous l'effet d'une vis mal serrée (assurez-vous de cela au moyen d'ergots ou d'encoches de repérage sur l'interrupteur). Ceci est nécessaire pour empêcher

les désalignements et donc une commutation prématurée ou l'absence de commutation.

- Fixez l'interrupteur de manière à en empêcher le démontage avec des outils standard (utilisez des vis à sens unique, des rivets, un trou percé dans les têtes de vis...)
- Sur les protecteurs conçus pour des situations à haut risque, assurez-vous d'utiliser deux interrupteurs avec une logique de commutation opposée (l'un se fermant et l'autre s'ouvrant lorsque la porte s'ouvre)



Les interrupteurs non codés sont faciles à contourner. Par conséquent : empêchez toujours le démontage des actionneurs.



Légende : interrupteur de sécurité mécanique avec actionneur séparé. Facile à manipuler.

2. Interrupteurs actionnés par une pièce ou clé s'emboîtant mécaniquement, qui est montée sur le protecteur. On les appelle les « actionneurs ».

Jusqu'à présent, il s'agit de l'interrupteur de sécurité de base. Il est facile à installer et il existe dans une technologie à simple ou à double canal. De nombreux interrupteurs peuvent également être réglés (ou complétés) pour le blocage du protecteur, en maintenant le protecteur fermé par une cheville ou un levier à actionnement magnétique.

Toutefois, il y a un gros « mais » concernant ce type d'interrupteur. Son action est très facile à contourner : il suffit d'enlever l'actionneur de la porte et de l'enfoncer dans l'interrupteur ; et la machine fonctionnera avec une porte ouverte.

Afin de prévenir cet abus dangereux :

- Utilisez des interrupteurs avec actionneurs codés (chaque actionneur ne fonctionne pas avec tous les interrupteurs). Malheureusement, beaucoup de fabricants ne proposent que peu de codes différents.

Il est donc toujours facile de contourner l'interrupteur, si on peut avoir les dix actionneurs sur son porte-clés.

- Assurez-vous que l'actionneur ne peut absolument pas être retiré avec des outils standard (utiliser des vis à sens unique, des rivets, un trou percé dans les têtes de vis...). Pour permettre le réglage pendant la mise en service, il est conseillé de monter les fixations non démontables après le réglage mais avant la mise en route de l'exploitation normale.
- En cas d'absence de codage ou de codage faible/moyen (moins de 1000 codes différents), installez l'interrupteur de sorte que l'actionneur ne puisse pas être enfoncé lorsque la porte est ouverte ou cachez l'interrupteur pour l'opérateur (il s'agit d'une exigence selon la nouvelle norme EN ISO 14119). Ces deux solutions sont assez compliquées. En raison de l'effort d'ingénierie élevé requis, cela n'est sans doute possible que pour les machines fabriquées en série. Si cela est impossible, choisissez un interrupteur de type 4 comme décrit plus loin.



Interdit : actionneur fixé avec des vis normales



OK : l'actionneur ne peut pas être retiré grâce à la fixation par vis à sens unique

3. Détecteur de proximité, non codé. Ce type ressemble beaucoup aux interrupteurs mécaniques avec actionneur séparé, mais ils ne sont pas actionnés mécaniquement mais électroniquement quand l'actionneur est à proximité de l'interrupteur. Pour le dispositif de blocage de protecteur il faut un dispositif mécanique supplémentaire (aujourd'hui souvent disponible en un module unique). Comme les interrupteurs mécaniques non codés, les détecteurs de proximité non codés sont faciles à contourner et les exigences supplémentaires indiquées au point 2 s'appliquent donc aussi.

4. Détecteur de proximité, codé. Il existe trois niveaux différents de codage dans la nouvelle norme EN ISO 14119 :

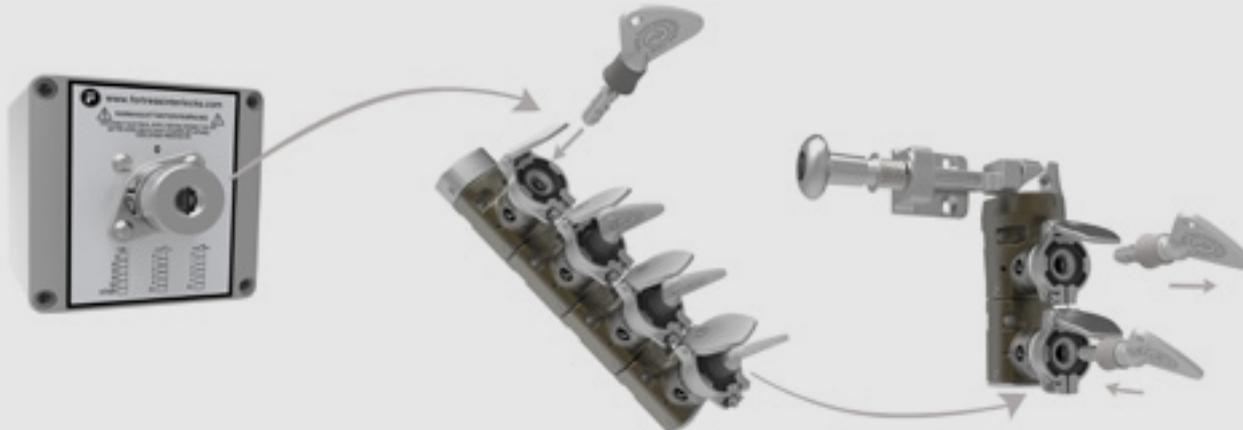


Interrupteurs de fin de course sans contact non codés/codés (avec l'autorisation de Siemens AG)

Niveau de codage	Nombre de codes différents	Exigences supplémentaires
Faible	jusqu'à 10	Fixation non démontable de l'actionneur, cacher l'interrupteur ou le rendre inaccessible
Moyen	10 à 1000	Fixation non démontable de l'actionneur, cacher l'interrupteur ou le rendre inaccessible
Élevé	> 1000 codes différents	Fixation non démontable de l'actionneur



Si le contournement du protecteur est probable car avantageux d'une manière ou d'une autre pour l'opérateur (économie de temps, travail plus facile, contrôle qualité plus aisé, etc.), vous devriez choisir un détecteur de proximité avec codage élevé.



Clés captives, verrouillage de modes de fonctionnement et de portes

Pour de nombreuses applications, l'accès de l'opérateur à une zone dangereuse doit être empêché tant que la machine est sous tension. On peut utiliser à cet effet des protecteurs mobiles en combinaison avec un verrouillage mécanique/électromécanique.

Une technologie de longue date dans ce domaine est la « clé captive ». Une clé d'ouverture de porte est maintenue « captive » dans un boîtier de commande sur la machine jusqu'à ce que la machine soit hors tension. Ensuite, la clé peut être retirée et utilisée pour ouvrir une porte verrouillée sur la machine. Tant que la porte n'est pas fermée et verrouillée, la clé est à présent maintenue captive sur la porte, ce qui empêche la machine d'être mise en marche. Les jeux de clés captives de ce type sont livrés avec un codage de haut niveau et ils empêchent donc la manipulation du protecteur de manière très fiable.

Il existe une grande variété d'options autour de ce type de verrouillage de sécurité. La clé captive peut libérer plusieurs autres clés (s'il y a plusieurs portes ou clés d'accès individuelles attribuées à différents opérateurs). Elle peut également être utilisée pour permettre l'opération d'un sectionneur de terre pour la coupure sûre d'une partie de la machine, etc. Lorsque cela est nécessaire, la séquence de fonctionnement peut être contrôlée avec précision et des délais intégrés pour permettre à la machine de s'arrêter complètement avant l'accès.

En plus de systèmes purement mécaniques, il existe des clés électroniques qui ne sont pas « captives » au sens propre mais qui fonctionnent par détection de leur présence. Certains fabricants proposent des systèmes avec clés codées qui n'arrêtent pas complètement la machine, mais qui autorisent certains modes de fonctionnement dans la machine et en désactivent d'autres. Des clés codées de ce type peuvent être attribuées au personnel disposant de qualifications et de niveaux de droits d'accès différents.

> Voir les exemples illustrés à la page suivante

①



②



③



④



- ① Serrure de porte mécanique pour clé captive
- ② Jeu de clés captives pour le fonctionnement d'un disjoncteur
- ③ Interrupteur à clé pour clé captive
- ④ Pupitre de commande avec interrupteur à clé captive et temporisation de déverrouillage



Les dispositifs de surveillance ne peuvent pas protéger des projections ou de la chaleur des pièces, des liquides ou autres émissions.

Sélection et conception des systèmes de surveillance

Il existe un grand nombre d'alternatives au protecteur mobile avec dispositif de verrouillage.

Celles-ci sont abordées dans les points suivants :

- Barrières photoélectriques, barrières immatérielles, scanners de sécurité
- Tapis-contact
- Barres et pare-chocs de déclenchement
- Systèmes de caméras 3D

Tous ces équipements ont les mêmes deux objectifs :

- Surveiller l'accès des personnes dans la zone dangereuse
- Remplacer les protecteurs pour faciliter l'accès, économiser de l'espace ou du temps d'exploitation

Mais pour pouvoir remplir le second de ces objectifs, des dispositifs de surveillance doivent posséder un inconvénient majeur.

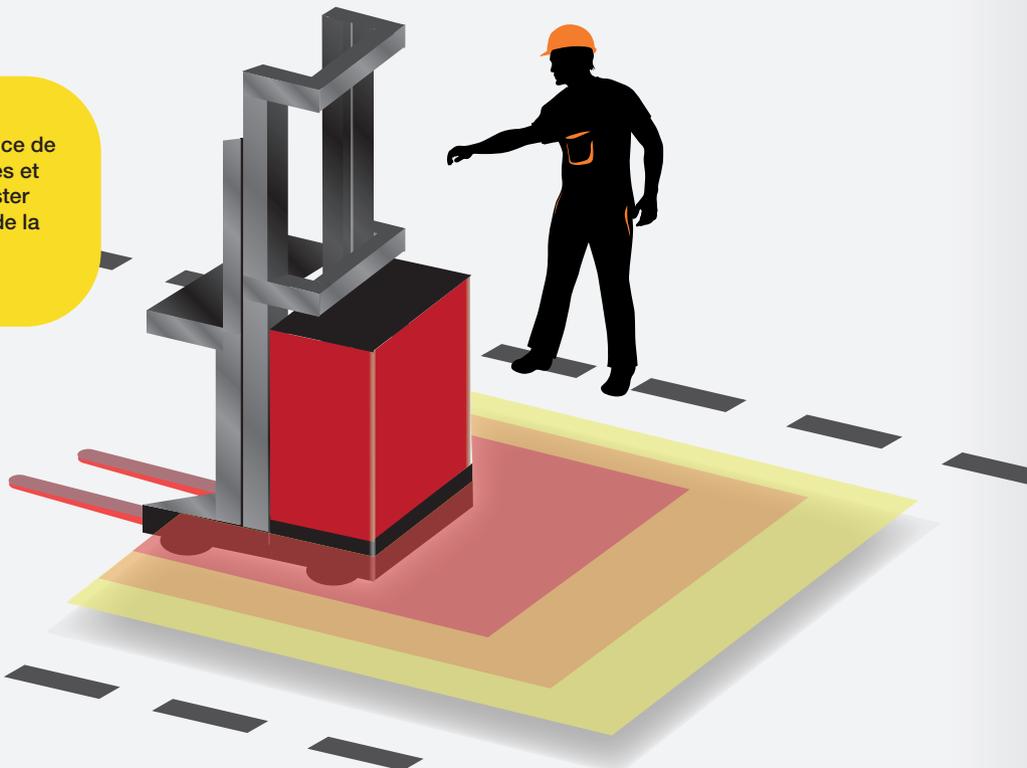
Ils ne sont pas adaptés en cas de dangers autres que les éléments mobiles, par exemple :

- Éjection de pièces
- Jets de liquides dangereux et/ou sous pression
- Parties chaudes ou très froides à proximité
- Génération de poussière, vapeur ou fumées dangereuses

Si l'un de ces dangers est présent dans votre application, n'utilisez AUCUN de ces dispositifs (du moins pas comme unique mesure de sécurité).



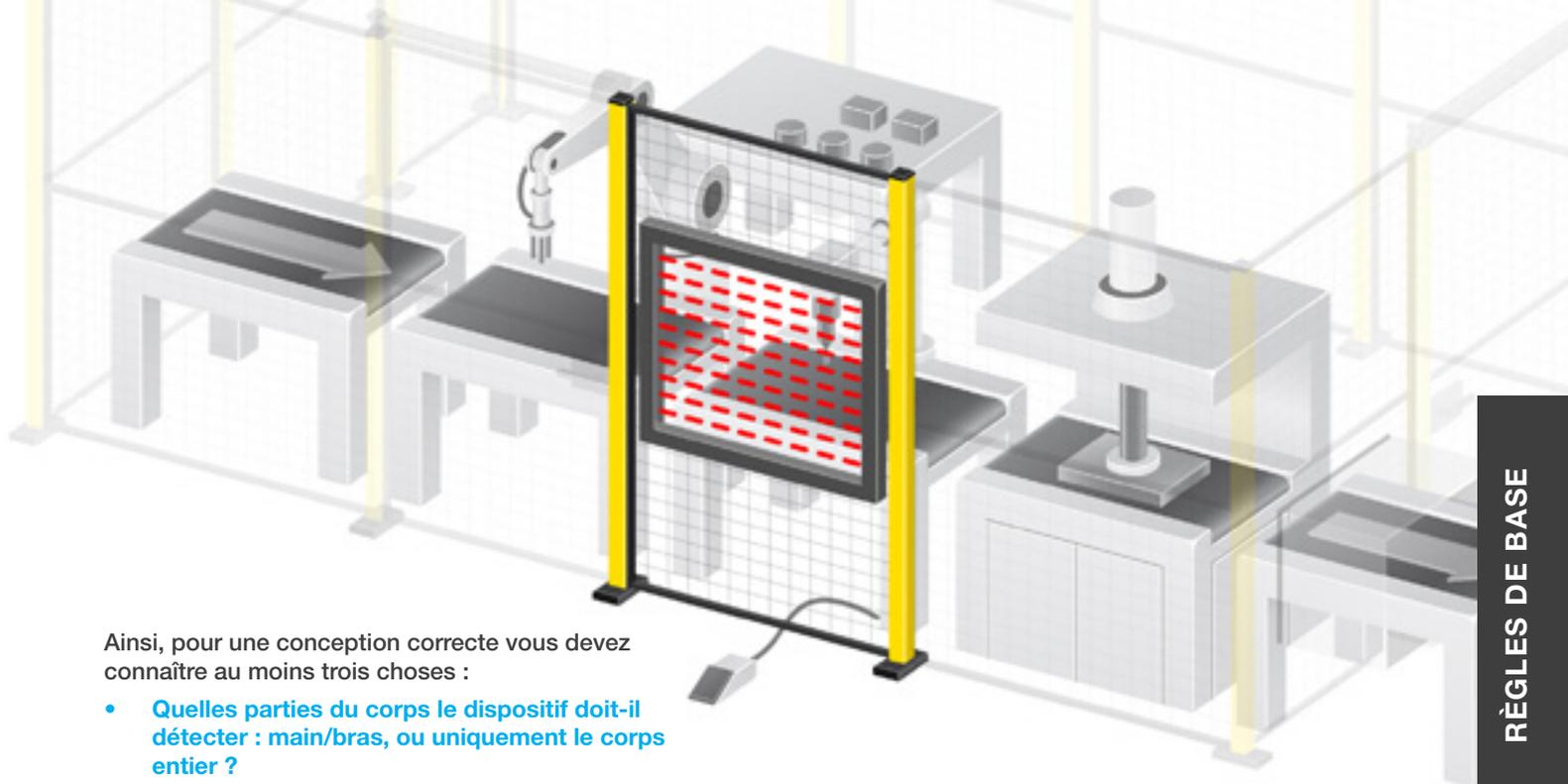
Assurez-vous de calculer la distance de sécurité des barrières immatérielles et des scanners de sécurité et de tester l'application avec le réglage final de la machine.



Barrières photoélectriques, barrières immatérielles, scanners de sécurité

Pour empêcher une personne de toucher un élément mobile dangereux, une barrière photoélectrique, une barrière immatérielle ou un scanner laser doivent « voir » la personne et entraîner l'arrêt du mouvement avant que la personne n'atteigne la zone dangereuse. Tenez compte d'une limite générale de ces dispositifs qui est parfois oubliée : ils ne « regardent » que dans un plan, verticalement, horizontalement ou selon un quelconque angle réglé. Ils ne « verront » pas tout ce qui est en dehors du plan sélectionné.

En guise d'illustration, imaginez un scanner de sécurité installé sur un chariot de maintenance sans conducteur. Il doit détecter les personnes sur la trajectoire du chariot et l'arrêter si quelqu'un s'approche de trop. Normalement vous installeriez le scanner à environ 20 cm du sol pour qu'il « voie » les personnes se tenant ou marchant dans sa trajectoire. Mais il ne verra pas quelqu'un debout à côté de sa trajectoire avec le bras tendu. Pourquoi ? Le bras est tendu bien au-dessus du plan de détection à 20 cm au-dessus du sol. Le bras pourrait donc être percuté ; et s'il y a un montant à proximité, le chariot pourrait même couper le bras !



Ainsi, pour une conception correcte vous devez connaître au moins trois choses :

- **Quelles parties du corps le dispositif doit-il détecter : main/bras, ou uniquement le corps entier ?**

Cela déterminera la résolution du dispositif installé (≤ 40 mm, > 40 mm à 70 mm, plusieurs faisceaux individuels).

- **Où les personnes ou parties du corps doivent-elles être détectées ?**

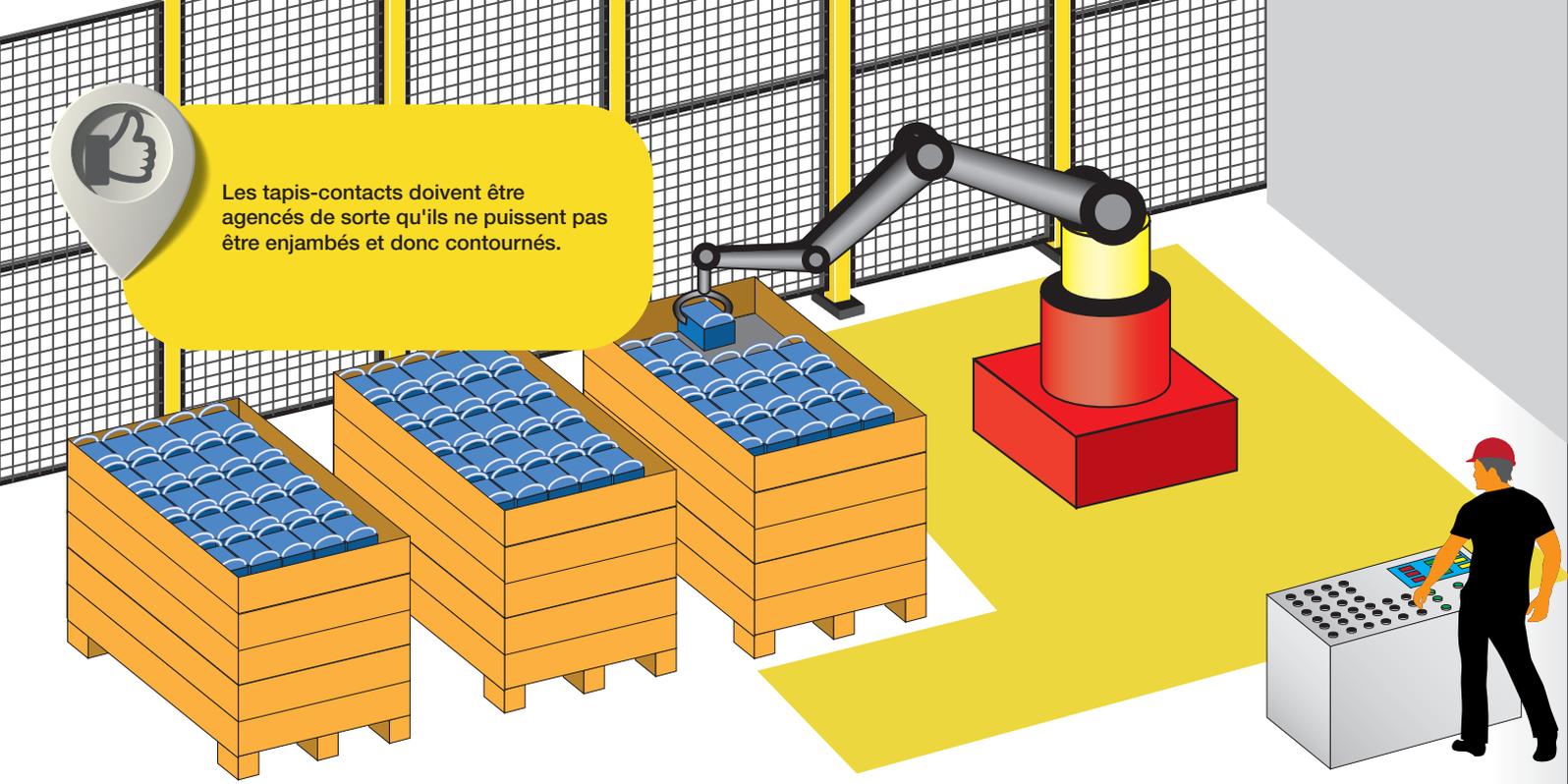
Cela détermine le plan de visée choisi et donc l'emplacement d'installation du dispositif. Tenez compte aussi de la hauteur pour empêcher les personnes d'avancer le bras au-delà ou en dessous du plan de détection dans la zone dangereuse.

- **Combien de temps s'écoulera entre la détection d'une partie du corps de quelqu'un et l'arrêt réel du mouvement ?**

Ce temps comprend le temps de réponse du dispositif de protection, le temps de calcul du contrôleur, le temps réel requis par le mécanisme pour s'arrêter. Cette information détermine à quelle distance de la zone dangereuse doit se trouver le plan de détection. Dans le cas des scanners de sécurité, elle détermine les distances d'avertissement et d'arrêt à programmer dans le dispositif.

Comme on le voit, des calculs sont donc toujours nécessaires pour une conception correcte. Malheureusement, parfois l'emplacement d'installation est choisi à l'aveuglette, et c'est plutôt dangereux ! Les calculs corrects sont à effectuer sur la base de la norme EN ISO 13855. Cette norme spécifie également les vitesses typiques de mouvement/d'approche des personnes.

Ces exemples montrent qu'il convient d'être (très) sceptique en ce qui concerne les barrières immatérielles installées assez près de la zone dangereuse. Si la distance semble inférieure à 300 mm, la barrière n'est probablement pas sûre (le temps d'arrêt serait seulement d'environ 0,15 seconde). N'oubliez pas : un dispositif de surveillance est une sorte de pari. « On parie que j'arrête ça avant que tu l'atteignes ? » Il vaudrait mieux que ça marche. Donc calculez ET testez-le, et rédigez un protocole.



Les tapis-contacts doivent être agencés de sorte qu'ils ne puissent pas être enjambés et donc contournés.

Tapis-contacts

Les tapis-contacts sont une bonne alternative aux barrières immatérielles et aux scanners laser. Leur plus grand avantage est qu'ils ne sont pas sensibles à la poussière, à la vapeur, à la fumée, aux salissures ou à la lumière parasite. Ils ne les « voient » tout simplement pas, alors que ces mêmes émissions peuvent causer de nombreuses défaillances avec les équipements de détection optoélectroniques.

Quand une personne marche sur le tapis, le mouvement dangereux s'arrête. La distance par rapport à la zone dangereuse est importante. Le temps d'arrêt du danger doit être plus court que le temps entre le moment où on pose le pied sur le tapis et celui où on atteint la zone dangereuse.

Des calculs sont nécessaires et la norme correcte sur laquelle ils doivent se baser est l'EN ISO 13855. Assurez-vous également de tester l'application.

Assurez-vous aussi que le tapis ne puisse pas être contourné. Il doit être placé de telle manière qu'une personne ne puisse pas l'enjamber. Autrement dit, il doit être impossible de se tenir sur un cadre ou une autre partie de machine de chaque côté du tapis avec les jambes écartées.

Que vous le croyiez ou non, les opérateurs essaieront de faire ça.

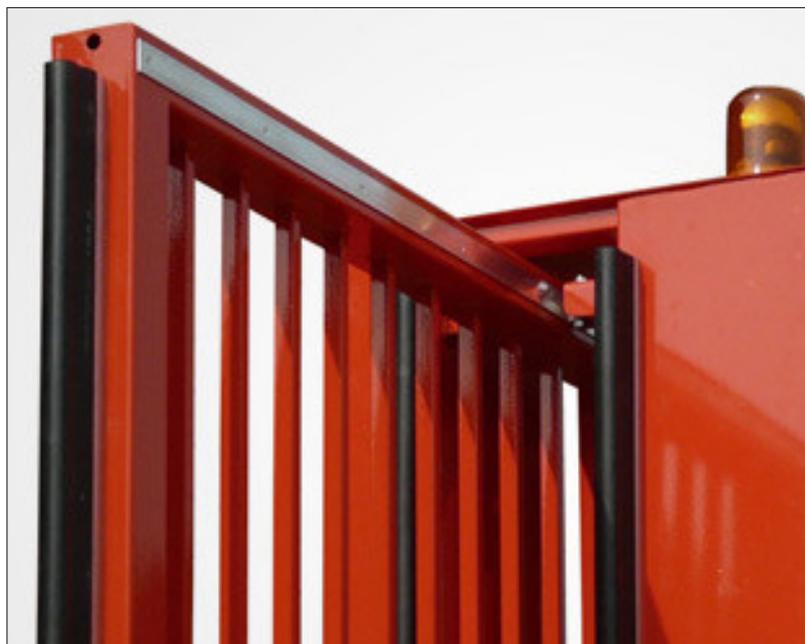


Véhicule à guidage automatique (VGA) de MLR

Barres et pare-chocs de déclenchement

Les barres et pare-chocs de déclenchement détectent des éléments mobiles de la machine lorsqu'ils touchent le corps humain. Le mouvement est alors stoppé avant que la personne ne soit blessée. Cela vous semble délicat ? Ça l'est ! Il existe des limites étroites à ce type d'applications :

- La vitesse du mouvement doit être lente (en général moins de 250 mm/s), car l'impact lui-même pourrait sinon blesser la personne ou (pire) la renverser.
- La force/l'énergie de l'impact « toléré » ne doit pas dépasser 150 N et 10 J.
- Le temps/le chemin requis pour l'arrêt doit être court. Sinon, l'élément mobile pourrait ne pas s'arrêter avant d'écraser ou couper la personne ou il pourrait tout de même la renverser.





La commande bimanuelle force l'opérateur à rester dans un endroit sûr tant que le danger existe.

*Pupitre de commande bimanuelle
Siemens 3SB3863-4BA (avec l'autorisation
de Siemens AG)*



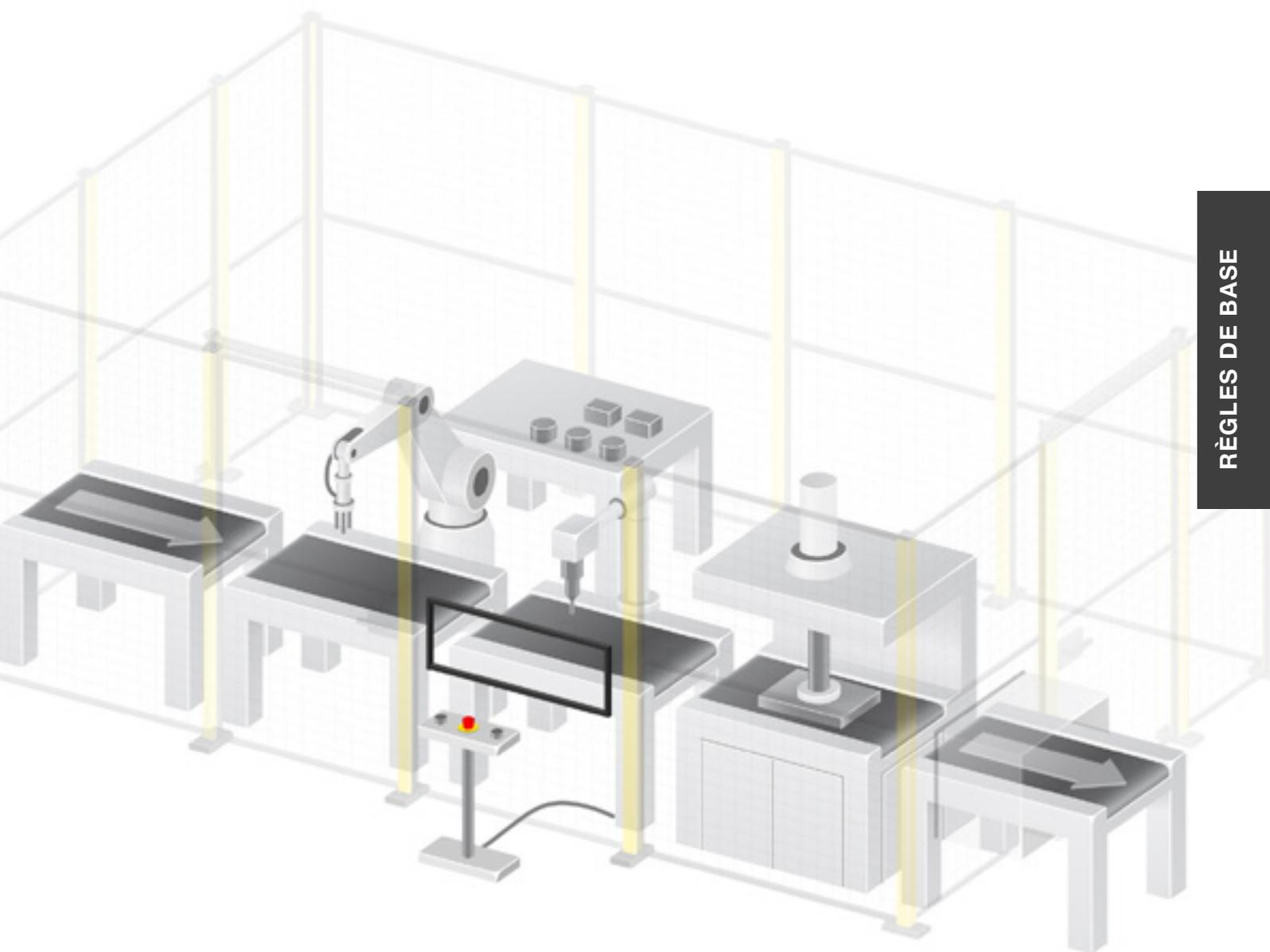
Commande bimanuelle

La commande bimanuelle est parfois appelée « mise en marche bimanuelle », ce qui signifie que deux boutons doivent être actionnés en même temps ou dans un court intervalle de temps (0,5 s) pour démarrer un mouvement dangereux d'une partie de machine. Toutefois, « mise en marche bimanuelle » oublie une exigence importante. La personne doit continuer à appuyer sur les boutons jusqu'à la fin du danger ! Sinon, si elle relâche un des boutons ou les deux, elle aurait la possibilité d'atteindre la zone dangereuse et pourrait se blesser.

Ainsi, les boutons de commande bimanuelle doivent être situés à une distance de sécurité calculée. Il doit être impossible d'atteindre la zone dangereuse avant que les éléments mobiles ne soient arrêtés. Ici encore, la norme correcte à consulter pour les calculs est l'EN ISO 13855.

Tenez compte des deux facteurs supplémentaires suivants lorsque vous concevez des commandes bimanuelles :

- Une commande bimanuelle ne peut « protéger » qu'une seule personne (ou une personne par pupitre). Un alien à trois mains ou deux personnes travaillant ensemble pourraient se blesser.
- Étant donné qu'une seule personne est protégée, l'accès à la zone dangereuse doit être limité autant que possible (p. ex. par des protecteurs).
- L'opérateur initie un mouvement dangereux qui pourrait constituer un risque pour autrui. Il doit donc avoir une vue dégagée de la zone dangereuse.



RÈGLES DE BASE



Les dispositifs nécessitant une action maintenue, les boutons de validation, et la commande manuelle donnent le contrôle du danger à l'opérateur, mais celui-ci peut également se blesser.

Action maintenue, validation et commande manuelle

Une autre manière fréquente de donner à l'opérateur le contrôle du danger est ce que l'on appelle les dispositifs « nécessitant une action maintenue ». Typiquement, ceux-ci disposent d'un bouton (matériel ou virtuel) qui déclenche un mouvement ou une fonction tant qu'il est enfoncé ou actionné. Ainsi, l'opérateur peut déterminer quand le danger se produit et quand l'arrêter.

Le même principe s'applique à la commande manuelle. Toutefois, en général, elle n'est pas considérée comme une fonction de sécurité. Par exemple, une perceuse à main dispose d'une commande manuelle, mais on ne peut pas vraiment dire que la possibilité de relâcher son déclencheur soit une fonction de sécurité.

Les fonctions de sécurité nécessitant une action maintenue peuvent prendre deux formes différentes :

- Avec commande directe par un seul bouton-poussoir.
- Avec commande indirecte impliquant un bouton affiché sur un écran et un bouton dit « de validation ». Le bouton affiché sur l'écran est actif uniquement lorsque le bouton de validation est également enfoncé. La différence avec une commande bimanuelle est que l'actionnement des deux boutons n'est pas nécessairement simultané. Les deux boutons doivent simplement être actionnés l'un après l'autre. Lorsque le bouton de validation est relâché, le mouvement dangereux s'arrête.

Quatre exigences majeures pour une fonction nécessitant une action maintenue sont parfois négligées :

- La fonction nécessitant une action maintenue ne peut être utilisée que dans un mode de commande sélectionnable séparément. Il est interdit de l'utiliser comme partie d'un cycle de fonctionnement automatique.
- Relâcher le bouton nécessitant une action maintenue ou le bouton de validation doit entraîner l'arrêt du mouvement dangereux le plus rapidement possible.
- La vitesse, la force ou la course du mouvement doivent être limités pour que l'opérateur ait une chance réelle de relâcher le bouton suffisamment tôt pour être en sécurité. Souvent, cela n'est pas le cas avec une commande manuelle, ce qui rend les machines à main comme les perceuses ou les tronçonneuses particulièrement dangereuses.
- Un moyen pour s'échapper de la situation dangereuse doit être assuré. Cela peut être un panneau mobile, un accès limité (la personne reste à l'écart de la source de danger réelle) ou même un bouton d'arrêt d'urgence à proximité. La plupart des commutateurs de validation ont un bouton d'arrêt d'urgence intégré.

Pour plus de détails sur la commande manuelle et les fonctions nécessitant une action maintenue, veuillez consulter l'EN ISO 12100, points 6.2.11.8 et 6.2.11.9.



- ① Bouton nécessitant une action maintenue avec commandes supplémentaires (avec l'autorisation de EUCHNER GmbH + Co. KG)
- ② Bouton de validation avec boutons de commande du mouvement et écran d'affichage (avec l'autorisation de Welotect GmbH)



L'arrêt d'urgence doit être disponible et opérationnel à tout moment. Il ne doit en aucun cas être considéré comme une alternative aux autres moyens de protection requis.

Emergency stop

Arrêt, coupure d'urgence

L'arrêt d'urgence est généralement considéré comme une mesure de protection sélectionnable. Mais ce n'est pas le cas. L'arrêt d'urgence est une fonction supplémentaire requise. Nous n'avons pas souvent cité la directive Machines dans ce livret, mais c'est l'emplacement approprié pour le faire, car on ne peut pas l'exprimer plus clairement :

*«La fonction d'arrêt d'urgence doit être disponible et opérationnelle à tout moment, quel que soit le mode opératoire. Les dispositifs d'arrêt d'urgence doivent venir à l'appui d'autres mesures de sauvegarde et non les remplacer.»
(Extrait de la directive Machines annexe I 1.2.4.3)*

Les seules exceptions à la présence d'un arrêt d'urgence sont :

- La machine est tenue à la main et relâcher le bouton de commande entraînera l'arrêt de toute façon.
- Un arrêt d'urgence dans une machine ne réduirait par le risque.



Les catégories d'arrêt

L'arrêt d'urgence existe en deux catégories appelées « catégories d'arrêt » :

- 0 – L'arrêt d'urgence entraîne une déconnexion immédiate des sources d'énergie de tous les entraînements des mouvements dangereux
- 1 – L'arrêt d'urgence entraîne une immobilisation contrôlée de l'entraînement (généralement au moyen de freins) ou une fonction apportant une sécurité, puis tous les entraînements de mouvements dangereux sont déconnectés de leur source d'énergie

L'EN 60204-1 décrit également une catégorie d'arrêt 2, mais celle-ci ne doit pas être utilisée pour l'arrêt d'urgence.



*Interrupteur principal
avec fonction de coupure
d'urgence.
Avec l'autorisation de
Siemens AG*

Coupure d'urgence

Jusqu'à la fin des années 1980, l'arrêt d'urgence et pratiquement toutes les autres fonctions de commande relatives à la sécurité étaient effectués uniquement par des mécanismes de commutation électromécaniques. Aujourd'hui, nous utilisons toutes sortes de dispositifs de sécurité à commande électronique et même à micro-processeur. Une clarification est donc devenue nécessaire concernant les fonctions d'arrêt d'urgence.

La coupure d'urgence est définie dans la norme EN 60204-1. Elle diffère de l'arrêt d'urgence de deux manières :

- Elle est toujours dans la catégorie d'arrêt 0 (voir ci-dessus)
- Elle doit utiliser uniquement des équipements électromécaniques (électronique interdite)

Généralement, le seul dispositif de coupure d'urgence sur les machines est aujourd'hui l'interrupteur principal. Si c'est le cas, alors celui-ci doit être rouge et jaune. Un interrupteur principal noir ne devrait pas être éteint en cas d'urgence car cela pourrait par exemple empêcher le freinage de mouvements dangereux.

Sécurité des robots

– de « cages » à « cobots »

LES ROBOTS SONT POLYVALENTS et offrent des solutions d'automatisation très économiques. En revanche, ils sont aussi réellement dangereux. Les robots de grande taille et à grande vitesse, notamment, peuvent causer des dommages très sérieux par écrasement ou par impact. Par conséquent, la sécurité des robots est régulée par des normes internationales. Quelques règles essentielles de sécurité sont présentées ci-dessous.

La sécurité des robots repose sur trois éléments :

- Empêcher l'accès des personnes
- Limiter les mouvements du robot
- Rendre sûr le contact physique

Ce dernier est un concept assez nouveau, souvent appelé cobotique, ou collaboration homme/robot. Selon ce concept, un système de robot

spécialement conçu et un opérateur travaillent dans un même espace ou des espaces se chevauchant. Il convient tout d'abord de planifier l'espace de travail collaboratif et l'interaction homme/robot souhaitée. Ensuite, les risques sont déterminés et des mesures adaptées sont mises en place.



YuMI, le robot collaboratif d'ABB, fonctionne sans barrière ou autre équipement de sécurité, sauf s'il manipule des objets tranchants ou pointus tels que des lames ou des seringues. Ceci est possible grâce à des mesures intégrées à la conception du bras de robot et du système de commande (conforme à l'EN ISO 10218-1, point 5.10.5)

Qu'est-ce qu'un « robot collaboratif » ?

L'utilisation d'un robot collaboratif, parfois appelé « cobot », constitue la mesure de sécurité la plus avancée. Un robot collaboratif fonctionne avec une force et une vitesse limitées. Les humains entrant en collision avec un robot collaboratif en mouvement ne seront pas blessés, même s'ils pourront ressentir une certaine douleur.

Des années d'essais intensifs ont permis d'obtenir une liste de limites de force et de vitesse supportables par les humains lorsqu'ils subissent un contact physique avec des éléments de machine (voir ISO TS 15066).

Les robots collaboratifs fonctionnant dans ces limites peuvent être considérés comme sûrs pour

être utilisés dans une application impliquant une interaction homme/robot. Toutefois, cela ne signifie pas qu'une application comportant ce type de robot est automatiquement et invariablement sûre.

Tout l'environnement du robot lui-même, l'outil manipulé par le robot (appelé organe effecteur terminal) doivent être soigneusement pris en compte.

Imaginez être assis près d'un robot manipulant une seringue et un liquide toxique. L'importance de sa vitesse et de sa force devient alors secondaire.

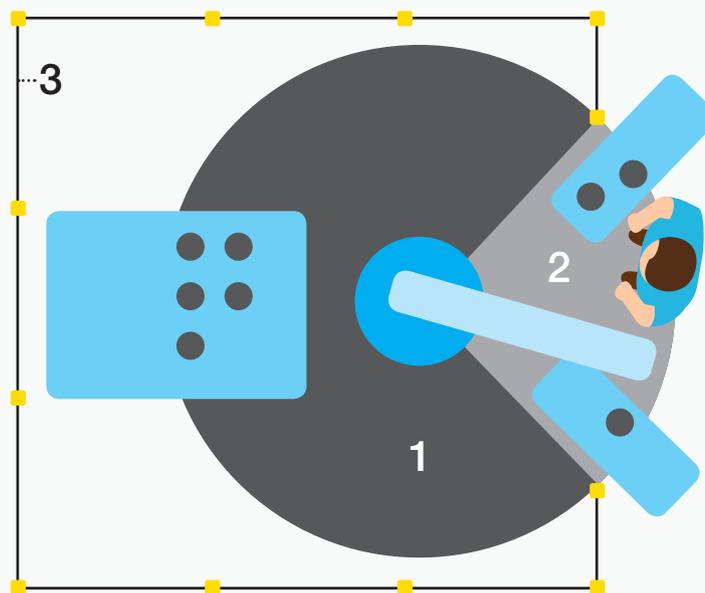


Le domaine d'application des robots collaboratifs est limité car leur force et leur vitesse doivent être suffisamment faibles pour leur permettre de fonctionner directement à proximité de personnes. Et prenez garde au scalpel, au dispositif de coupe laser ou à la seringue de colle se trouvant dans la « main » de votre robot.

Lorsqu'une puissance supérieure à celle qu'un robot collaboratif peut offrir est requise, d'autres mesures sont à prendre pour protéger les personnes. Dans le graphique ci-contre, un opérateur humain et un robot partagent l'espace de travail collaboratif en gris clair. Un robot dangereux ne doit pas faire de mouvement dans la zone de collaboration tant qu'une personne est présente. Selon la distance et la vitesse de déplacement de la personne, le robot peut avoir à ralentir et à s'arrêter lorsque la personne s'approche.

La forme la plus avancée des systèmes de détection est une caméra 3D. Cependant, celle-ci doit être installée à une hauteur suffisante au-dessus de l'espace de travail afin de s'assurer qu'elle « voie » toute la zone dans laquelle des personnes peuvent se mouvoir. Dans d'autres cellules robotisées, une combinaison de barrières de sécurité avec une (des) porte(s), de barrières immatérielles et de scanners de sécurité est utilisée.

Oui, aujourd'hui les « barrières de sécurité » sont toujours nécessaires dans certaines applications collaboratives et elles le seront encore à l'avenir ! La barrière adopte même de nouveaux rôles, comme la démarcation entre une zone de collaboration et les espaces de travail et passerelles ordinaires.



- 1 = rayon d'action du robot
- 2 = espace de collaboration
- 3 = démarcation du rayon d'action du robot



Cobot U3 Universal Robots

Valeurs limites d'énergie basées sur le modèle des zones corporelles¹

Zone corporelle	Énergie transférée maximale E [J]
Crâne et front	0.23
Visage	0.11
Cou	0.84
Dos et épaules	2.5
Poitrine	1.6
Abdomen	2.4
Bassin	2.6
Arrière-bras et coudes	1.5
Avant-bras et poignets	1.3
Mains et doigts	0.49
Cuisses et genoux	1.9
Jambes	0.52

¹ Extrait de l'annexe A de l'ISO TS 15066. La norme fournit des descriptions très détaillées du modèle corporel, des limites de force et de vitesse. Ne basez pas votre analyse sur le tableau montré ici à des fins d'illustration.

« Barrières de sécurité robot » – concept ou idée fausse ?

De nombreuses personnes demandent des « barrières de sécurité robot » ou se réfèrent à des tests de constructeurs de barrières affichant une résistance aux impacts de 2000 joules ou plus. Mais soyons honnête : la question en elle-même révèle une idée fausse sur la sécurité autour des robots. Les normes de sécurité des robots exigent que le mouvement du robot soit limité par des moyens autres que des barrières. Considérez le graphique ci-dessous illustrant ce point.



- Espace maximal
- Distance de sécurité
- Espace protégé
- Espace limité

Le rayon d'action d'un robot dépend de sa taille. Souvent, cet « espace maximal » est beaucoup plus grand que nécessaire. Comme les concepteurs de systèmes souhaitent réduire le plus possible l'espace au sol utilisé, le robot est programmé pour rester dans un « espace limité » beaucoup plus petit.

Ensuite, des barrières, des barrières immatérielles et des scanners de sécurité sont utilisés pour définir un « espace protégé » autour de l'espace limité auquel les personnes ne doivent pas accéder.

Toutefois, une distance de sécurité est presque toujours nécessaire entre l'espace limité et l'espace protégé. Pourquoi ? Parce que les robots ont besoin de temps pour ralentir et s'immobiliser quand une personne accédant à l'espace protégé est détectée (par une barrière immatérielle, un scanner, une caméra ou un interrupteur de porte).

Une barrière peut donc être utilisée pour créer un « espace protégé » mais normalement elle ne doit pas être utilisée pour définir « l'espace limité ». Une collision à haute vitesse et avec une force élevée entre un robot et la barrière entraînera au moins une certaine déformation, même sur une barrière résistante. Cela pourrait présenter un danger. En outre, une personne peut passer son doigt à travers une barrière. Ainsi, il doit y avoir une distance minimale de 120 à 200 mm entre l'espace limité et l'extérieur de la barrière (voir page 35).

Ne recherchez donc pas des « barrières de sécurité robot » mais utilisez plutôt des dispositifs de limitation appropriés :

- Commande du mouvement par logiciel de sécurité (conforme au moins au PL = d selon EN ISO 13849-1)
- Points d'arrêt ou butées de limitation de l'espace (blocs et ergots de butée)
- Dispositifs de limitation externes (interrupteurs mécaniques ou détecteurs de proximité)

Les barrières sont faites pour empêcher les personnes d'entrer, pas pour retenir les robots.

Cette photo montre clairement que les barrières ne sont pas une option raisonnable quand il s'agit de contenir les robots. Les énormes robots montrés ici pourraient atteindre l'autre côté des barrières ou les renverser qu'elle que soit leur force. Des « cerveaux » doivent les en empêcher : des contrôleurs de mouvement de sécurité.





Plus le robot est rapide et puissant, moins il faut compter sur les barrières pour le maîtriser. C'est simplement une approche erronée de la sécurité des robots, qu'elle que soit la robustesse de la barrière. Les barrières sont faites pour empêcher les personnes d'entrer, pas pour retenir les robots.

Liste des normes de sécurité les plus importantes pour les machines

Il existe plus de 600 normes recensées pour la directive Machines dans le Journal officiel de l'UE. Mais lesquelles sont les plus importantes ? Voici une tentative d'en établir la liste. Notez toutefois qu'une recherche de normes devrait toujours être effectuée pour chaque projet de sécurité d'une machine. Cette liste est classée par ordre d'importance.

Numéro	Titre	Résumé
EN ISO 12100	Sécurité des machines — Principes généraux de conception — Appréciation du risque et réduction du risque	Cette « bible » de la sécurité des machines contient toutes les définitions importantes, les règles de base pour la sélection de mesures de sécurité, et des instructions détaillées pour l'appréciation du risque
EN ISO 13857	Sécurité des machines — Distances de sécurité empêchant les membres supérieurs et inférieurs d'atteindre les zones dangereuses	Détermine la hauteur des barrières, la taille des ouvertures d'accès et les distances de sécurité correspondantes ; demandez le prospectus Axellent à ce sujet
EN 349 (ISO 13854)	Sécurité des machines — Écartements minimaux pour prévenir les risques d'écrasement de parties du corps humain	Définit la taille des parties importantes du corps telles que les doigts, les mains, la tête, etc.
EN 574 (ISO 13851)	Sécurité des machines — Dispositifs de commande bimanuelle — Aspects fonctionnels — Principes de conception	Règles de conception de commandes nécessitant l'actionnement simultané de deux boutons pour démarrer et exécuter une fonction dangereuse

EN ISO 14120	Sécurité des machines — Protecteurs — Prescriptions générales pour la conception et la construction des protecteurs fixes et mobiles	Règles de conception de capots, barrières, portes etc. de sécurité (nouvelle norme, remplace l'EN 953)
EN ISO 14119	Sécurité des machines — Dispositifs de verrouillage associés à des protecteurs — Principes de conception et de choix	Types et sélection d'interrupteurs de sécurité, règles visant à empêcher la manipulation (précédemment EN 1088)
EN ISO 13855	Sécurité des machines — Positionnement des moyens de protection par rapport à la vitesse d'approche des parties du corps	Principes fondamentaux et formules pour la conception d'applications à barrière immatérielle, scanner laser et commande bimanuelle
EN ISO 13850	Sécurité des machines — Fonction d'arrêt d'urgence — Principes de conception	Règles pour les éléments de commande et définition des « catégories d'arrêt »
EN ISO 13849-1/-2	Sécurité des machines — Par- ties des systèmes de comman- de relatives à la sécurité	Principes fondamentaux pour la conception de circuits de commande fiables tels que pour le verrouillage de porte et la surveillance, formules et méthodes
EN ISO 11161	Sécurité des machines — Systèmes de fabrication intégrés — Prescriptions fondamentales	Principes de conception de systèmes comprenant machines-outils, transporteurs et robots en même temps, règles de division en plusieurs zones dangereuses (une des normes les plus précieuses jamais publiées)
EN ISO 10218-1	Robots et dispositifs robotiques — Exigences de sécurité pour les robots industriels — Partie 1 : Robots	Règles de conception de robots et de leurs systèmes de commande
EN ISO 10218-2	Robots et dispositifs robotiques — Exigences de sécurité pour les robots industriels — Partie 2 : Systèmes robots et intégration	Règles d'intégration de robots dans les systèmes de production, sécurité de la collaboration homme-robot
EN 60204-1	Sécurité des machines — Équipement électrique des machines	La « bible » de la sécurité électrique pour les constructeurs de machines

FAQ

Les questions et les réponses de ce chapitre ont été classées par ordre alphabétique des sujets, de C = commande à U = USA. Parcourez d'abord les titres puis vérifiez si votre question apparaît. Avez-vous d'autres questions ? N'hésitez pas à nous contacter !

Commande, systèmes de commande

❓ Que signifient PL et SIL et quelle est la différence entre les deux ?

❗ PL signifie Performance Level (niveau de performance) et SIL Safety Integrity Level (niveau d'intégrité de sécurité). En gros, ils désignent la même chose et décrivent la fiabilité d'un circuit de commande de sécurité (p. ex. une fonction de verrouillage de porte).

Le PL et le SIL définissent tous les deux un taux de défaillance admissible spécifié comme probabilité de défaillance dangereuse par heure (PFH_d). Plus le risque du danger est élevé, plus la probabilité de défaillance doit être faible.

PL a été défini par l'ISO dans la norme ISO 13849-1 pour les applications machines.

Le SIL a une portée plus étendue et a été défini par la CEI. La norme correspondante pour les machines est l'EN 62061.

Force

❓ Y a-t-il une force minimale à laquelle il pourrait être considéré comme possible d'exploiter des éléments mobiles sans système de protection ?

❗ Non, et il ne peut pas y en avoir car le facteur pertinent est l'énergie exercée sur la partie du corps humain. Par conséquent, la vitesse joue également un rôle. Toutefois, une valeur de force « sûre » est mentionnée dans la norme pour les protecteurs (EN ISO 14120). Elle spécifie que la force et l'énergie exercées par un protecteur mobile sur une partie du corps ne doivent pas dépasser 75 N et 4 J. Ces valeurs sont considérées comme sûres par certains et dangereuses par d'autres. Cela dépend beaucoup de la forme des éléments heurtant une partie du corps et de la partie du corps elle-même. Un objet pointu frappant le globe oculaire avec une énergie de 4 J pourrait entraîner la perte de la vue. Une plaque non coupante écrasant une main à 75 N ferait sans doute mal, mais ne causerait pas de blessure.

Protecteurs

❓ Quand les protecteurs doivent-ils être verrouillés, c'est-à-dire équipés d'un interrupteur pour arrêter la machine quand le protecteur est ouvert ?

❗ Cela dépend de deux choses : (1) la raison de l'accès et (2) la fréquence de l'accès. Généralement, les protecteurs doivent être verrouillés s'ils doivent être ouverts pendant le fonctionnement ou plus souvent qu'une fois par semaine. Si l'accès est moins fréquent et nécessaire uniquement pour le réglage, la maintenance ou le dépannage d'erreurs/dysfonctionnements moins fréquents, un protecteur fixe (sans interrupteur) est acceptable (voir EN ISO 14120).

❓ Quelle doit être la hauteur typique d'une barrière de protection ?

❗ Veuillez vous référer au point « Déterminer la hauteur adéquate d'une barrière de sécurité » dans le chapitre noir, page 33.

❓ Quelle hauteur l'ouverture entre le sol et le bas de la barrière de sécurité peut-elle avoir ?

❗ La norme EN ISO 13857 dit 180 mm. La même norme définit une fente de 120 mm de hauteur et d'une largeur supérieure à 240 mm comme ouverture d'accès pour le corps entier (possible uniquement pour les hommes-serpents !). Par conséquent, le système X-Guard d'Axelent a un écart de 100 mm uniquement avec le sol. Si une fente plus élevée est nécessaire (p. ex. pour le nettoyage), l'utilisateur doit prévoir un sol antidérapant pour que personne ne puisse glisser sous la barrière en trébuchant et en tombant. Si les sources de danger sont près du sol et de l'intérieur de la barrière, utiliser des protecteurs amovibles supplémentaires près du sol (accessoires disponibles chez Axelent !).

❓ Est-il autorisé de démonter des éléments de barrière pour accéder à la machine ?

❗ Pour en décider, il faut se poser deux questions :

1. Pourquoi l'accès est-il nécessaire ?
 - L'accès pour le réglage, le dépannage ou la préservation est acceptable
 - L'accès pour l'exploitation n'est pas acceptable ;

dans ce cas, installez un protecteur mobile avec dispositif de verrouillage

2. À quelle fréquence l'accès sera-t-il requis ?

- < 1/semaine, acceptable
- > 1/semaine, installer un protecteur mobile avec dispositif de verrouillage

❓ Les barrières de protection sont-elles capables de retenir un robot déviant de sa trajectoire ? Doivent-elles l'être ?

❗ Voir la réponse à cette question dans ce chapitre sous « Robots ».

❓ Les barrières de sécurité doivent-elles être mises à la terre ?

❗ Il est impossible de répondre à cette question de manière générale, cette décision est à prendre au cas par cas par un électricien qualifié ou un ingénieur en électricité.

L'EN ISO 14120 point 5.13 (remplaçant l'EN 953) a ceci à dire à ce sujet :

Si les protecteurs sont fabriqués en un matériau conducteur électrique et utilisés dans des machines fonctionnant à l'électricité, ils doivent éventuellement être considérés comme des éléments conducteurs étrangers de la machine selon CEI 60204-1:2005, clause 8.

Ceci permet une décision au cas par cas.

FAQ

- La nouvelle version de l'EN (CEI) 60204-1:2018 récemment publiée exige la liaison équipotentielle des barrières sauf si elles sont à plus de 2,5 m de la surface des machines électriques. Par conséquent la liaison équipotentielle des barrières sera dorénavant requise dans la plupart des cas.

❓ Les barrières X-Guard d'Axelent peuvent-elles être utilisées comme garde-corps sur des plates-formes ou dans des escaliers ?

⚠ Cette question est posée par les clients ayant besoin de protéger une zone dangereuse et en même temps d'empêcher les personnes de tomber d'une plate-forme ou d'une passerelle. Évidemment, dans de tels cas on ne souhaite pas installer une barrière de sécurité sous forme de panneaux grillagés et un garde-corps.

Toutefois, normalement, les barrières Axelent ne sont pas conçues pour servir de garde-corps. Si vous souhaitez les utiliser à cet effet, vous devriez tenir compte des points suivants avant de prendre une décision :

1. Dans de nombreux pays, des prescriptions de construction locales spécifient comment concevoir, construire et tester les garde-corps, passerelles et escaliers. Ce type de prescriptions locales a toujours la priorité sur les exigences dans les normes ou les considérations personnelles.
2. Les normes européennes définissent deux points principaux concernant les garde-corps pour empêcher les personnes de tomber de plates-formes, de passerelles et d'escaliers :
 - a. Dimensions, hauteur, mains courantes, lisses

intermédiaires, etc.

Les barrières Axelent sont plus hautes qu'exigé (min. 1400 mm), mais elles n'ont pas de main courante. Cela serait absolument obligatoire dans des escaliers. Par conséquent, nous ne pouvons pas recommander d'utiliser nos panneaux grillagés de protection dans les escaliers.

b. Stabilité : l'EN ISO 14122-3 exige qu'un garde-corps résiste à 300 N/mètre (point 7.3) dans un essai statique. Les panneaux grillagés de protection Axelent résistent à un impact de 1200 J, mais cela n'est pas comparable à l'essai spécifié dans l'EN ISO 14122-3, puisque la procédure d'essai est dynamique. Néanmoins, les panneaux grillagés de sécurité AXELENT sont généralement considérés comme suffisamment stables pour empêcher la chute de personnes d'une plate-forme ou d'une passerelle. Il convient toutefois de tenir compte de la stabilité de la base sur laquelle les montants sont montés. Elle a une forte influence sur la stabilité globale du protecteur.

En résumé, le point de vue d'Axelent concernant l'utilisation de panneaux grillagés de protection comme garde-corps sur les plates-formes et les passerelles est que cela est généralement faisable, mais que le client sera seul et unique responsable de cet usage.

Robots

❓ Les barrières de protection sont-elles capables de retenir un robot déviant de sa trajectoire ? Doivent-elles l'être ?

⚠ Cette question est souvent posée en rapport avec les installations de robot dans lesquelles la (barrière de) protection est à placer dans la course de mouvement

du robot pour des raisons de manque d'espace. Dans ce cas, le robot pourrait, pour cause de dysfonctionnement, d'erreur de programmation ou de commande, entrer en collision avec le protecteur, le rompre ou le renverser. Cela pourrait alors provoquer des blessures sévères des opérateurs ou de personnes se tenant hors du protecteur.

La résistance d'une (barrière de) protection à un impact d'un robot déviant de sa trajectoire dépend de l'énergie cinétique de l'impact. Les robots varient de petites unités manipulant moins d'un kilogramme à de très grandes machines manipulant des centaines de kilogrammes. De nombreux robots exécutent des petits mouvements ou bougent à faible vitesse, d'autres exécutent des rotations à 180° à haute vitesse. Les grands robots à haute vitesse sont capables de casser de grands trous dans des murs en briques et même dans des plafonds en béton. Ainsi, pour déterminer si un protecteur résisterait à l'impact, l'énergie cinétique maximale impliquée doit être connue ($E = \frac{1}{2} m \cdot v^2$; où E = énergie ; m = masse, v = vitesse). Elle est indiquée en joules et dépend entièrement du robot.

Pour les raisons mentionnées ci-dessus, Axelent ne revendique pas de « sécurité robot » générale. Cependant, les protecteurs Axelent ont été testés et ils résistent à des impacts pouvant atteindre 1200 joules. Pour la plupart des applications de robots de petite à moyenne dimension, cela devrait être suffisant.

Toutefois, sur la base de l'EN ISO 10218-2 « Robots et dispositifs robotiques - Exigences de sécurité pour les robots industriels - Partie 2 : Systèmes robots et intégration », nous appelons les sociétés exploitant des robots derrière des (barrières de) protection(s) à considérer les points suivants :

1. Dans les applications robots, le but d'une (barrière

de) protection est d'empêcher l'accès au robot et à la zone dangereuse déterminée par la course de son mouvement. Il est de la responsabilité du concepteur du système robot de limiter la course du mouvement du robot afin de l'empêcher d'entrer en collision avec des objets situés dans cette course de mouvement générale.

En cas de mouvements linéaires ou rotatifs dans les machines stationnaires, les concepteurs limiteront la course de mouvement des axes de manière intrinsèque, par des butées de fin de course mécaniques, des interrupteurs de fin de course ou un système de surveillance. L'enveloppe d'une machine ou ses protecteurs fixes sont généralement incapables de retenir des éléments dysfonctionnant ou mobiles. Sur les machines-outils, par exemple, les enveloppes (y compris les fenêtres d'inspection) sont conçues pour résister à des éléments de pièces ou d'outils projetés qui ne dépassent pas un certain poids et une certaine vitesse de mouvement. Toutefois, elles ne sont pas conçues pour retenir un axe X, Y ou Z déviant de sa trajectoire. De manière générale, cela ne doit pas être différent pour les robots. Le protecteur est conçu pour retenir les personnes à l'extérieur mais pas le robot à l'intérieur.

2. Une collision entre le robot et la (barrière de) protection peut être prévenue par l'une des mesures suivantes (ou une combinaison de celles-ci) :

- a) Butées de fin de course mécaniques pour certains/tous les axes du robot.
- b) Limitation de la course du mouvement au moyen d'interrupteurs de fin de course matériels (à levier à galet ou de proximité) pour certains/tous les axes.
- c) Des capteurs d'impact installés de manière à stopper suffisamment tôt les mouvements (difficile

FAQ

si les vitesses de mouvement sont élevées). De nombreux robots sont équipés de manière intrinsèque de dispositifs de détection de la force pour détecter les impacts ou autres dysfonctionnements.

d) Un système de commande de robot dit « sûr » (fiabilité élevée) conforme à un niveau de performance « c » ou « d » selon EN ISO 13849-1. Ces types de systèmes de commande ont des fonctions de commande redondantes afin d'assurer que le robot ne dépasse pas les limites de mouvement programmées. Sur les grands robots à haute performance c'est probablement la seule méthode possible (mais souvent coûteuse) pour assurer avec une fiabilité maximale que le robot ne sortira pas de ses limites et ne provoquera pas de dégâts.

3. Même en l'absence de système de commande de robot sûr, la probabilité de dysfonctionnement d'un contrôleur de robot est très faible. Les accidents correspondants sont très rares compte tenu de la quantité élevée d'installations de robots. Néanmoins, les erreurs de programmation posent problème. Toutes les conditions de fonctionnement devraient donc être contrôlées avec précautions par des simulations et essais à faible vitesse, avant qu'une application de robot ne soit autorisée à la production. La probabilité des collisions entre le robot et les protecteurs ou de la perte de charge utile, qui viendra ensuite heurter le protecteur, sera plus élevée dans certains cas, notamment les suivants : vitesses de mouvement très élevées, préhenseurs de type à friction (au lieu de préhenseurs par engagement positif) pour les pièces très lourdes, préhenseurs par aspiration, préhenseurs électromagnétiques, etc.

4. Si des risques spéciaux (comme mentionnés en 3) ne peuvent pas être réduits suffisamment par aucune des mesures en 2, un type de « système de rattrapage » doit éventuellement être installé en plus de la (barrière de) protection. Cela est nécessaire quand l'énergie d'impact maximale à prévoir est supérieure à ce que la barrière peut retenir. En général, des conceptions sur mesure sont alors requises. Quelques exemples : poteaux renforcés avec barres de support, grilles plus résistantes conçues pour tolérer les déformations et donc transformer une partie de l'énergie cinétique, double barrière avec espace intermédiaire associée à un « grillage » élastique sous la forme de filets résistants, de panneaux en plastique, etc. En raison de l'énergie cinétique très élevée (force multipliée par le carré de la vitesse), les protecteurs normalisés ou « systèmes de rattrapage » pour les applications de robots à haute vitesse et haute performance ne sont pas réalisables. Les constructeurs de systèmes de protection doivent être en mesure d'indiquer l'énergie cinétique maximale à laquelle leur produit résiste. Lors de la sélection d'un produit, ces valeurs sont à comparer au lieu d'opter pour un produit qui se revendique de manière générale comme fournissant une « sécurité robot ». Le concepteur de l'application de robot devra également faire sa part du travail et calculer l'énergie cinétique survenant dans le pire des scénarios de collision.

Vitesse

❓ Les normes définissent-elles des « vitesses de mouvement sûres » ?

❗ Non, il n'existe pas de « vitesse de mouvement sûre ». En cas d'impact (ou d'écrasement, de

cisaillement, etc.), le facteur décisif est l'énergie exercée sur la partie du corps (voir « Force »). Toutefois, il existe des vitesses dites réduites de manière sûre définies dans EN ISO 11161.

Elles sont applicables en relation avec un dispositif nécessitant une action maintenue ou une autre commande manuelle. Généralement, un maximum de 250 mm/s reste considéré comme sûr. Pour le cisaillement cette valeur est de 33 mm/s, pour les presses elle est seulement de 10 mm/s.

USA

❓ Les produits conformes aux normes UE ou ISO, CEI peuvent-ils être vendus et utilisés aux États-Unis ?

⚠️ Oui, mais des règles de sécurité supplémentaires peuvent être applicables. Par conséquent, il convient de vérifier d'abord s'il existe des normes nord-américaines supplémentaires. Dans presque tous les cas, des exigences supplémentaires s'appliqueront en matière de sécurité électrique.

L'auteur



Matthias Schulz est un consultant indépendant en sécurité des machines qui coopère sous la forme d'une coentreprise avec Axelent AB, Suède et Axelent GmbH, Allemagne. Il agit en tant que consultant auprès des sociétés de construction mécanique en Allemagne, en Autriche et en Suisse depuis le début des années 1990. Expert en appréciation du risque, Matthias Schulz dirige régulièrement des cours de formation pour le VDI (Association des ingénieurs allemands) en Allemagne. Littéralement des milliers d'ingénieurs ont bénéficié de ses formations et de ses livres sur l'appréciation du risque, la sécurité des machines et la documentation technique.

Copyright 2019 Matthias Schulz

Tous les droits de publication, de reproduction, de production, de copie même partielle des illustrations, et de traduction sont réservés. Les droits de propriété intellectuelle de tiers, notamment concernant les photographies et illustrations, sont indiqués sur les pages respectives.

Édition 2.0, 2019



Axelent Born Global

Axelent Group

Le groupe Axelent comprend trois sociétés : Axelent, Axelent Engineering, Axelent Safe-X et Axelent Software. Ces sociétés partagent une vision qui est de rendre l'industrie plus compétitive et rentable grâce à l'automatisation, la sécurité, à des procédures et fonctions rationnelles et à l'expertise.

Ces sociétés sont en pleine croissance et développent leurs activités tant sur le marché suédois que sur le marché international.

Pour de plus amples informations, n'hésitez pas à consulter notre site web www.axelent.fr



Vous avez
d'autres
questions ?

N'hésitez pas à nous
contacter !



BMI Axelent
Parc Eco Normandie • BP 71
76430 St Romain de Colbosc, France
Tél. 02.35.13.15.20
Fax. 02.35.13.15.25
info@bmi-axelent.com
www.bmi-axelent.com