

Guide: Sécurité des machines SIX ÉTAPES POUR UNE MACHINE SÛRE



### Six étapes pour une machine sûre

Lois, directives, normes, responsabilité → §-1 Directives européennes §-1 §-3 §-7 §-12 Obligations du fabricant de machines Normes Organismes de contrôle, assurances et autorités Principes de la responsabilité du fait des produits → §-13 Appréciation des risques **→** 1-1 → 1-1 → 1-2 → 1-3 → 1-4 → 1-4 Le processus d'appréciation des risques Fonctions de la machine Identification des dangers Estimation et évaluation des risques Documentation Appréciation des risques avec Safexpert® → 2-1 Conception sûre Construction mécanique Principe d'utilisation et de maintenance **→** 2-2 → 2-2 → 2-3 → 2-4 → 2-9 → 2-9 Équipement électrique Arrêt Compatibilité électromagnétique (CEM) Réduction du risque - La méthode en 3 étapes → 2-1 Technologie des fluides → 2-11 Utilisation en atmosphère **→** 2-12 explosive



3-13

**★**3-19

→ 3-66

3-81

→ 3-83

3-47

Définir le niveau de sécurité exigé Niveau de sécurité Mise en œuvre des fonctions de sécurité e Valider toutes les fonctions de sécurité Information des utilisateurs sur les risques résiduels Documentation avec Safexpert®

Mesures techniques de protection

Définir les fonctions de sécurité

**→** 3-1

→ 3-2 → 3-9

**→** 3-101

→ 4-1

**→** 4-3

c Concevoir la fonction de sécurité Élaboration d'une stratégie de sécurité Sélection des moyens de protection Positionnement/Dimensionnement des moyens de protection Intégration des dispositifs de protection dans le système de commande Présentation de la gamme Sécurité d Vérifier la fonction de sécurité

Validation globale de la machine **→** 5-1 Mise sur le marché de la machine **→** 6-1 Dossier technique **→** 6-1 Responsabilité de l'exploitant → 0-1

Annexe Comment SICK vous assiste → i-6 → i-8 → i-10 Aperçu des normes applicables Liens utiles Glossaire/index Co-auteurs - remerciements i-15 Notes personnelles



La sécurité des machines assure la sécurité juridique du fabricant et de l'exploitant. Les utilisateurs de machines attendent qu'on leur propose exclusivement des machines et des appareils sûrs et ce, partout dans le monde. Parallèlement, il existe dans le monde entier des règles visant à protéger les utilisateurs de machines. Ces règles varient d'une région à une autre. Cependant, elles sont largement unanimes sur les procédés présentés ci-contre et imputables au fabricant pour la construction et la modernisation de machines:

Lors de la construction de machines, le fabricant doit procéder à une appréciation des risques (également appelée analyse des risques) pour identifier et évaluer tous les risques et points dangereux possibles.

En fonction de cette appréciation des risques, le fabricant de la machine doit éliminer ou réduire le risque par des mesures adéquates. Si le risque ne peut être éliminé par ces mesures ou si le risque résiduel n'est pas tolérable, le fabricant de la machine doit sélectionner et utiliser des moyens de protection adéquats et, le cas échéant, informer l'opérateur des risques résiduels.

Pour s'assurer que les mesures prévues sont efficaces, une validation globale est obligatoire. Cette validation globale doit évaluer les mesures conceptuelles aussi bien que techniques ainsi que les mesures d'organisation dans le contexte.

Nous allons vous guider en six étapes, présentées ci-contre, vers une machine sûre.

### À propos de ce guide

### Que contient ce guide?

Voici un guide complet sur les principes légaux régissant les machines ainsi que la sélection et l'utilisation de moyens de protection. À partir des directives, prescriptions et normes européennes en vigueur, nous vous présentons différentes possibilités vous permettant de sécuriser vos machines et de protéger les personnes des accidents. Les exemples et informations de ce guide sont le résultat de longues années d'expérience pratique et représentent des applications typiques. Le présent guide décrit les obligations légales imposées aux machines au sein de l'Union européenne et leur mise en œuvre. Les obligations applicables aux machines dans d'autres parties du monde (par ex. Amérique du Nord, Asie) sont décrites dans les versions correspondantes de ce guide. Les informations ci-après ne peuvent ouvrir droit à aucun recours, quelle qu'en soit la base juridique, chaque machine exigeant une solution spécifique en fonction des prescriptions et normes nationales et internationales.

En principe, nous faisons référence aux normes et directives actuelles et publiées à la date de publication de ce guide. Si de nouvelles normes autorisent l'application des anciennes normes pendant une période de transition, nous l'avons indiqué aux chapitres correspondants du présent guide.

### A qui est destiné ce guide?

Le présent guide s'adresse aux fabricants, exploitants, constructeurs et intégrateurs d'installations ainsi qu'à tous ceux qui sont responsables de la sécurité des machines. (Pour des raisons de lisibilité, nous utiliserons principalement la forme masculine dans la suite de ce guide.)

### Votre équipe de rédaction



De gauche à droite : Max Dietrich, Rolf Schumacher, Doris Lilienthal, HaraldSchmidt, Hans-Jörg Stubenrauch, Otto Görnemann, Matthias Kurrus (absent de la photo)

Les références à d'autres normes utiles et sources d'aides sont marquées ci-après par une flèche bleue.

### Sécurité dans le processus de travail

Les exigences de sécurisation des machines ont évolué avec l'automatisation croissante des systèmes. Dans le passé, les dispositifs de sécurité étaient considérés comme une gêne dans le processus du travail, c'est pourquoi ils étaient souvent ignorés. Les techniques innovantes ont permis d'intégrer les moyens de protection dans le processus de travail. Ainsi, ils ne représentent plus un obstacle pour les opérateurs mais, souvent, améliorent même la productivité.

C'est pour cette raison que des moyens de protection fiables et intégrés aux processus de travail sont devenus indispensables.



### La sécurité est un besoin fondamental

La sécurité est un besoin fondamental de l'homme. Les études montrent que les personnes soumises à des situations de stress permanent sont plus fréquemment sujettes à des maladies psychosomatiques. Bien que l'homme puisse s'adapter à long terme à des situations extrêmes, cela entraîne une contrainte individuelle très élevée.

L'objectif est donc le suivant : les opérateurs et le personnel de maintenance doivent pouvoir faire confiance à la sécurité d'une machine !

Cependant, il existe une opinion répandue selon laquelle plus de « sécurité » entraîne une baisse de productivité – détrompez-vous. Une sécurité accrue entraîne une augmentation de la motivation et de la satisfaction et donc, au final, une hausse de la productivité.

### La sécurité est une mission des dirigeants

Les décideurs de l'industrie sont responsables de leurs salariés ainsi que d'une production rentable et efficace. C'est seulement si l'encadrement place la sécurité au sommet de ses préoccupations quotidiennes que le reste du personnel ne s'opposera pas au sujet.

La prise en compte des salariés entraîne l'acceptation

Il est très important de tenir compte des besoins du personnel exploitant et de maintenance dans la planification du projet. Seul un concept de sécurité intelligent, adapté au processus de travail et au personnel, peut assurer l'acceptation nécessaire.

Pour améliorer l'aspect durable de la démarche, les experts recommandent donc l'établissement d'une « culture de sécurité » élargie dans l'entreprise. Ce n'est pas sans raison, puisque neuf accidents sur dix résultent d'erreurs humaines.

### Le savoir des experts est indispensable

La sécurité des machines dépend en grande partie de l'application correcte des directives et des normes. En Europe, les dispositions légales nationales sont la transposition des directives européennes, par ex. la Directive Machines.

Ces directives décrivent des exigences générales qui sont

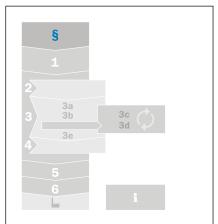
concrétisées par des normes. Fréquemment, les normes européennes sont également acceptées hors d'Europe.

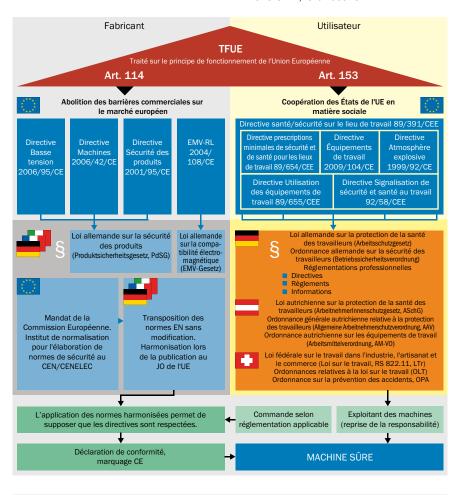
Pour appliquer ces exigences d'une manière adaptée à la pratique, il faut une expertise étendue, un savoir-faire applicatif et de longues années d'expérience.

### Directives européennes

L'un des principes de l'Union Européenne est la protection de la santé de ses citoyens dans leur environnement personnel aussi bien que professionnel. Un autre principe est la création d'un marché uni au sein duquel la libre circulation des marchandises est assurée. Conformément au Traité sur le Fonctionnement de l'Union Européenne, la Commission européenne et le Conseil de l'UE ont promulgué différentes directives pour concrétiser simultanément les objectifs de libre circulation des marchandises et de protection des citoyens. Ces directives doivent ensuite être transposées dans le droit national des États membres. Les directives définissent des objectifs et exigences de principe et sont, autant que possible, neutres en termes de technologie. Dans le domaine de la sécurité des machines et de la protection au travail, les directives suivantes ont été promulguées :

- la Directive Machines, qui s'adresse aux fabricants de machines
- la directive d'utilisation des équipements de travail, qui s'adresse aux exploitants de machines
- des directives complémentaires, par ex. la directive Basse tension, la directive CEM, la directive ATEX





→ Les directives sont gratuitement accessibles au public, par ex. sur le site Internet eur-lex.europa.eu

### Dans ce chapitre...

La Directive Machines§-2
La directive pour l'utilisation
des équipements de travail §-3
Obligations du fabricant de
machines §-3
Normalisation mondiale §-7
Normalisation européenne §-9
Normalisation nationale §-9
Organismes de contrôle §-12
Assurances
Autorités de surveillance des
marchés§-12
Principes de la responsabilité
du fait des produits§-13
Résumé

Les directives et normes européennes s'appliquent aux fabricants/sociétés mettant en circulation des machines dans l'espace économique européen.

### La Directive Machines

La Directive Machines 2006/42/CE s'adresse aux fabricants et aux sociétés mettant en circulation des machines et des composants de sécurité. Elle définit les tâches à exécuter pour respecter les exigences de santé et de sécurité applicables aux machines neuves, afin d'abolir les barrières commerciales au sein de l'Europe et de garantir un niveau élevé de sécurité et de protection de la santé aux utilisateurs et aux opérateurs. Elle s'applique à la production de machines et de composants de sécurité mis en circulation individuellement, ainsi qu'aux machines d'occasion et aux appareils provenant de pays tiers mis sur le marché pour la première fois dans l'espace économique européen (par ex. venant des États-Unis et du Japon).

- En 1989, le Conseil de la Communauté Européenne a promulgué la Directive concernant le rapprochement des législations des États membres relatives aux machines, connue sous le nom de Directive Machines (89/392/CEE).
- En 1995, cette directive a dû être appliquée dans tous les États membres de l'Union européenne.
- En 1998, diverses modifications ont été regroupées et consolidées dans la Directive Machines 98/37/CE.
- En 2006, une « Nouvelle Directive Machines » (2006/42/ CE) a été promulguée. Elle remplace la version précédente et son application est obligatoire depuis le 29/12/2009 dans les États membres de l'UE.

Depuis le 29/12/2009, seule la « Nouvelle Directive Machines » (2006/42/CE) s'applique!

La Directive Machines a été transposée comme suit dans ces pays :

- France : Décret n° 2008-1156 du 7 novembre 2008 relatif aux équipements de travail et aux équipements de protection individuelle
- Suisse: Loi fédérale sur la sécurité des produits (LSPro) du 12 juin 2009 Ordonnance sur la sécurité des machines (Ordonnance sur les machines) du 2 avril 2008
- Belgique: Loi sur le bien-être et Code sur le bien-être au travail (De Welzijnswet en de Codex over het Welzijn op het Werk)

Les États membres n'ont pas le droit d'interdire, de limiter ou d'empêcher la mise en circulation et la mise en service de machines et de composants de sécurité conformes à la Directive Machines. Ainsi, aucune loi, ordonnance ou norme nationale ne peut imposer d'exigences plus strictes sur la nature des machines!

# La directive pour l'utilisation des équipements de travail

Les obligations de l'employeur sont définies dans la directive pour l'utilisation des équipements de travail. Celle-ci s'applique à l'utilisation des machines et des appareils au poste de travail. Cette directive vise à s'assurer que l'utilisation des équipements de travail respecte des prescriptions minimales afin d'améliorer la sécurité et la protection de la santé. Chaque État membre peut y ajouter ses propres exigences nationales : par exemple sur le contrôle des équipements de travail, les intervalles d'entretien ou de maintenance, l'utilisation d'équipements de protection individuelle, l'organisation du poste de travail, etc. Les exigences de la directive pour l'utilisation des équipements de travail ainsi que les exigences et instructions nationales sont regroupées dans la législation nationale.



- France: Décret n° 93-40 du 11 janvier 1993 relatif aux prescriptions techniques applicables à l'utilisation des équipements de travail
- Suisse : Loi fédérale sur le travail dans l'industrie, l'artisanat et le commerce (RS 822.11, LTr)
- Belgique: Loi sur le bien-être et Code sur le bien-être au travail (De Welzijnswet en de Codex over het Welzijn op het Werk)
- → Directive pour l'utilisation des équipements de travail 2009/104/CE eur-lex.europa.eu

# Quelles sont les obligations du fabricant de machines ?

### Concevoir des machines sûres

Les fabricants sont tenus de concevoir leurs machines de manière à respecter les principes de la Directive Machines en matière de sécurité et de santé. Les fabricants doivent tenir compte de l'intégration de la sécurité dès la conception des machines. En pratique, cela signifie que le constructeur doit procéder à une appréciation des risques dès la phase de développement d'une machine. Les mesures en résultant peuvent être intégrées directement à la construction. Les étapes 1 à 5 de ce guide décrivent en détail comment procéder.

### Constituer le dossier technique

Le fabricant de machines doit constituer un dossier technique conformément à l'annexe VII de la Directive Machines. Ce dossier technique...

 doit contenir tous les plans, calculs, protocoles de contrôle et documents pertinents pour le respect des principes de la Directive Machines en matière de sécurité et de santé.

### Réaliser une notice d'instructions

Le fabricant de machines doit réaliser une notice d'instruction appelé « notice d'instruction originale ». Chaque machine doit être accompagnée d'une notice d'instruction dans la langue officielle du pays d'utilisation. Cette notice peut être soit la notice d'instruction originale, soit une traduction de cette notice, auquel cas la notice originale doit également être fournie. Sont considérées comme notices d'instruction originales toutes les notices d'instruction, quelle que soit leur langue, publiées par le fabricant de machines.

- doit être conservé pendant au moins dix ans après le dernier jour de fabrication de la machine (ou du type de machine).
- doit être fourni aux autorités sur demande justifiée.

**Remarque :** la Directive Machines ne peut générer l'obligation pour le fabricant de fournir le dossier technique complet à l'acheteur (utilisateur) de la machine.

### Déclaration CE de conformité

Une fois que le fabricant a construit sa machine, il doit fournir une confirmation juridiquement contraignante du respect de ces exigences en établissant une déclaration de conformité et en marquant la machine (marquage CE). La machine pourra alors être mise sur le marché dans l'espace économique européen.

La Directive Machines explique le processus complet d'évaluation de la conformité. On distingue deux processus selon les machines (→ « Procédure européenne d'évaluation de la conformité pour les machines et composants de sécurité » → §-6)

- Processus standard: les machines non listées explicitement
  à l'annexe IV de la Directive Machines sont soumises à la
  procédure standard. Les exigences décrites à la section
  « Exigences essentielles de santé et de sécurité » de l'annexe I doivent être remplies. Le fabricant appose alors la
  marque CE sous sa propre responsabilité, sans intervention
  d'un organisme de contrôle ou d'une autorité (« autocertification »). Il doit cependant réunir le dossier technique de la
  machine au préalable afin de pouvoir le fournir aux autorités
  nationales sur demande.
- Procédure pour les machines listées à l'annexe IV: les machines présentant des risques particulièrement élevés sont soumises à une procédure particulière. L'annexe IV de la Directive Machines contient une liste des machines et composants de sécurité, dont font partie les équipements de protection électro-sensibles tels que les barrières immatérielles de sécurité et les scrutateurs laser de sécurité. Les exigences décrites à la section « Exigences essentielles de santé et de sécurité » de l'annexe I de la Directive Machines doivent au préalable être remplies. S'il existe pour ces machines ou composants de sécurité des normes harmonisées couvrant l'ensemble des exigences, le certificat de conformité peut être délivré par trois moyens:
- autocertification
- examen CE de type effectué par un organisme de contrôle notifié
- application d'un système de management de la qualité contrôlé et exhaustif



S'il n'existe pas de normes harmonisées pour les machines ou si la machine ou des parties de la machine n'ont pas été construites suivant des normes harmonisées, l'attestation de conformité ne peut être obtenue que comme suit :

- Examen CE de type effectué par un organisme de contrôle notifié: lors de la vérification par un organisme notifié, le fabricant doit mettre sa machine et les documents techniques correspondants à disposition pour qu'un « examen CE de type » puisse déterminer si la machine satisfait aux exigences essentielles de santé et de sécurité. L'organisme de contrôle notifié vérifie la conformité avec la directive et établit une attestation CE de type présentant les résultats des tests.
- Application d'un système de management de la qualité contrôlé et exhaustif: le système de management de la qualité exhaustif doit garantir la conformité aux exigences de la Directive Machines et être contrôlé par un organisme de contrôle notifié. Le fabricant est d'une manière générale responsable de l'application efficace et correcte du système de gestion de la qualité. Voir aussi l'annexe X de la Directive Machines.

### Marquage CE de la machine

Une fois toutes les conditions remplies, le marquage CE doit être apposé sur la machine.

**Attention!** Le marquage CE ne peut être apposé que si la machine respecte toutes les directives européennes qui lui sont applicables (c'est à cette condition qu'un produit peut être mis sur le marché dans l'espace économique européen.)

### Cas particulier : machine incomplète

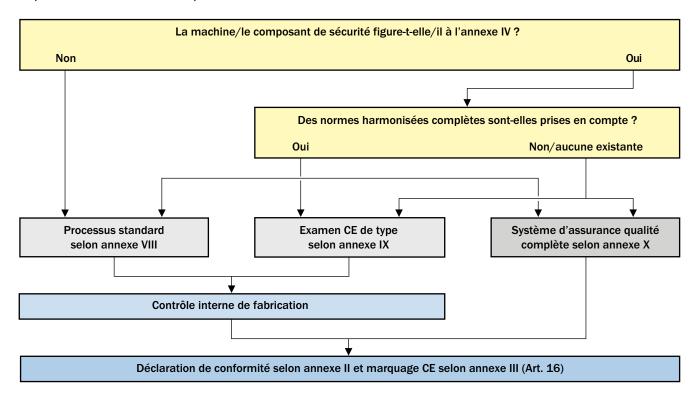
Souvent, on fabrique et on livre des sous-systèmes, modules ou composants de machines qui sont très proches de la définition d'une machine, mais qui ne peuvent pas être considérés comme une machine au sens de la Directive Machines. La Directive Machines définit comme « quasi-machine » un ensemble de composants qui constitue presque une machine, mais qui ne peut assurer à lui seul une fonction définie. Par ex., un robot industriel seul représente une quasi-machine. Une quasi-machine est uniquement destinée à être incorporée ou assemblée à d'autres machines ou à d'autres quasi-machines ou équipements ou à être assemblées avec ceux-ci en vue de constituer une machine au sens de la directive.

Les quasi-machines peuvent ne pas remplir toutes les exigences de la Directive Machines. Celle-ci réglemente donc leur libre circulation par une procédure spécifique :

- Le fabricant doit respecter toutes les exigences essentielles de la Directive Machines raisonnablement applicables en matière de sécurité et de santé.
- Le fabricant doit établir une déclaration d'incorporation.
   Celle-ci décrit quelles sont les exigences essentielles de la directive qui sont applicables et satisfaites. Un dossier technique similaire à celui d'une machine doit être constitué et conservé.
- À la place d'une notice d'instruction, le fabricant doit établir de la même manière une notice d'assemblage et la fournir avec chaque quasi-machine. La langue de cette notice d'assemblage peut être convenue entre le fabricant et l'utilisateur (intégrateur).

→ Voir aussi la section « Organismes de contrôle, assurances et autorités » → §-12

Procédure européenne d'évaluation de la conformité pour les machines et composants de sécurité



### Résumé: lois, directives

En tant que fabricant d'une machine, vous devez respecter les exigences de la Directive Machines, entre autres :

- Respecter toutes les exigences essentielles de la Directive Machines en matière de sécurité et de santé.
- Planifier l'intégration de la sécurité dès la conception.
- Appliquer soit la procédure standard, soit la procédure applicable aux machines de l'annexe IV de la Directive Machines pour déclarer la conformité de votre machine.
- Constituer le dossier technique de la machine, contenant en particulier tous les documents de conception relatifs à la sécurité.
- Fournir une notice d'instruction dans la langue officielle du pays d'utilisation. La version originale est également à joindre.
- Remplir une déclaration de conformité et apposer sur la machine ou le composant de sécurité le marquage CE.

En tant qu'exploitant d'une machine, vous devez respecter les exigences de la directive d'utilisation des équipements de travail :

- Respecter les dispositions de la directive d'utilisation des équipements de travail.
- S'informer pour savoir s'il existe d'autres exigences nationales (par ex. contrôle des équipements de travail, intervalles de maintenance ou d'entretien, etc.) et les respecter.

### **Normes**

En principe, les normes ici référencées sont des normes internationales (ISO-CEI). Vous trouverez un aperçu des normes applicables en annexe. Cet aperçu contient également une comparaison des normes internationales indiquées (ISO-CEI) et des normes régionales (EN) et nationales en fonction de la validité régionale de ce guide.

Vous trouverez une liste des normes locales et internationales applicables à l'annexe i, pages i-6 sqq.

Les normes sont des conventions adoptées entre différents groupes d'intérêts (fabricants, consommateurs, organismes de contrôle, autorités chargées de la protection au travail et gouvernements). Contrairement à l'opinion répandue, les normes ne sont pas élaborées ou imposées par les gouvernements ou les autorités. Les normes décrivent l'état de la technique au moment de leur élaboration. Ces cent dernières années, les

normes nationales ont évolué vers des standards applicables au niveau mondial. Selon le lieu d'utilisation de la machine et des produits, diverses dispositions légales peuvent s'appliquer, exigeant l'application de différentes normes. Le bon choix des normes à appliquer est, pour le fabricant de machines, un outil facilitant le respect des obligations légales.

# Organisations et structures de normalisation dans le monde

# ISO (International Standardization Organization)

L'ISO est un réseau mondial d'organismes de normalisation de 157 pays. L'ISO élabore et publie des normes internationales en se concentrant sur les technologies non électriques.



# CEI (Commission électrotechnique internationale)

La Commission électrotechnique internationale (CEI) est un organisme mondial qui élabore et publie des normes internationales dans le domaine général de l'électrotechnique (par ex. électronique, télécommunications, compatibilité électromagnétique, production d'énergie) et des technologies apparentées.



### Les différents types de normes

On distingue trois différents types de normes :

### Normes de type A

(Normes fondamentales de sécurité) Elles contiennent des notions de base, des principes de conception et les aspects généraux applicables à toutes les machines.

### Normes de type B

(Normes génériques de sécurité ) Elles traitent d'un aspect ou d'un moyen de protection applicable à un large éventail de machines. Les normes de type B sont à leur tour réparties en deux catégories :

- les normes B1 portent sur des aspects spécifiques de sécurité, par ex. la sécurité électrique des machines, le calcul des distances de sécurité, les exigences envers les systèmes de commande
- les normes B2 relatives aux moyens de protection, par ex.
   les systèmes de commandes bimanuelles, les protecteurs et les équipements de protection électro-sensibles

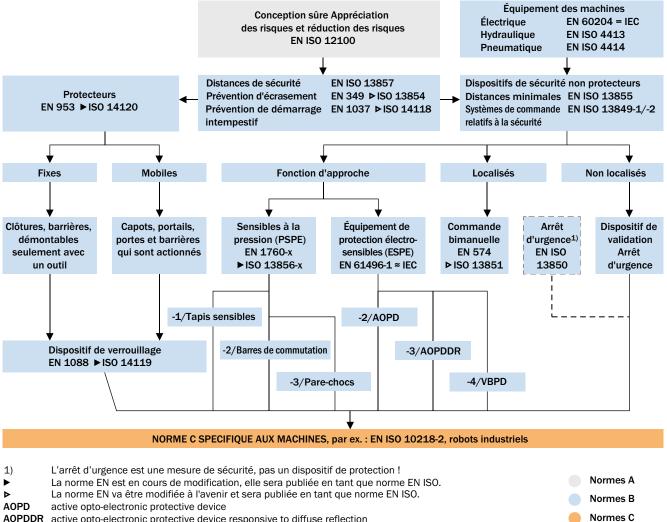
### Normes de type C

Les normes de type C contiennent toutes les exigences de sécurité relatives à une machine ou à un type de machine spécifique. Lorsqu'une norme de ce type existe, elle est prioritaire sur les normes de type A ou B. Cependant, une norme de type C peut faire référence à une norme de type B ou A. Dans tous les cas, les exigences de la Directive Machines doivent être respectées.

De nombreuses normes de type A et B ainsi que des normes de type C importantes sont en cours de révision. Cela entraîne une nouvelle numérotation des séries de normes EN-ISO. Toutefois, il existe en général une période de transition. Ainsi, une norme tout juste révisée pourra entrer en vigueur effectivement dans 5 ou 6 ans seulement.

→ Vous trouverez en annexe une liste des normes importantes à la section « Aperçu des normes applicables » → i-6

### Aperçu des moyens de protection et normes correspondantes



AOPDDR active opto-electronic protective device responsive to diffuse reflection

vision based protective device **VBPD** 

# Organisations et structures de normalisation en Europe

### CEN (Comité européen de normalisation)

Le CEN est un groupe d'organismes de normalisation des États membres de l'UE, de l'AELE ainsi que des futurs membres de l'UE. Le CEN élabore les normes européennes (EN) dans le domaine non électrique. Pour éviter que ces normes ne présentent des obstacles au commerce, le CEN s'efforce de travailler en étroite collaboration avec l'ISO. Le CEN détermine par un vote si les normes ISO doivent être reprises et les publie comme normes européennes.



# CENELEC (Comité européen de normalisation électrotechnique)

Le CENELEC est l'équivalent du CEN dans le domaine de l'électrotechnique ; il élabore et publie les normes européennes (EN) dans ce domaine. Comme entre le CEN et l'ISO, le CENELEC reprend de plus en plus les normes CEI et leur numérotation.



# Organisations et structures de normalisation nationales

En règle générale, chaque État membre de l'UE possède son propre organisme de normalisation, par ex. DIN, ON, BSI, AFNOR. Ces organismes élaborent et publient les normes nationales conformément aux dispositions légales de l'État membre correspondant. Pour garantir de manière uniforme la sécurité et la santé dans l'Union européenne et abolir les barrières commerciales, les normes européennes sont reprises par les organismes de normalisation nationaux.

Les rapports entre les normes nationales et les normes européennes sont régis par les principes suivants :

- S'il existe des normes nationales équivalentes à des normes européennes reprises, les normes nationales doivent être retirées.
- S'il n'existe aucune norme européenne applicable pour certains aspects ou certaines machines, les normes nationales existantes peuvent être appliquées.
- Un organisme de normalisation national ne peut élaborer une nouvelle norme nationale que s'il a fait part de son projet et qu'aucun intérêt n'a été manifesté au niveau européen (de la part du CEN ou du CENELEC).

# Normes européennes relatives à la sécurité des machines

Pour pouvoir mettre en pratique de manière uniforme les objectifs et exigences définis dans les directives européennes, les normes techniques doivent décrire en détail et concrétiser ces exigences.

Les normes qui concrétisent les exigences des directives européennes de telle manière que le respect de la norme permet de supposer la conformité aux directives sont appelées normes harmonisées.

L'état de la norme est indiqué par différentes abréviations :

- une norme portant le préfixe « EN » est reconnue et applicable dans tous les États de l'UE.
- une norme portant le préfixe « prEN » est à l'état de projet.
- un document contenant en plus le préfixe « TS » est une spécification technique et a la valeur d'une pré-norme. Il en existe deux types, CLC/TS et CEN/TS.
- un document contenant en plus le préfixe « TR » est un rapport sur l'état de la technique.

### Naissance d'une norme européenne harmonisée :

- La Commission Européenne, en tant qu'organe exécutif de l'UE, mandate le CEN ou le CENELEC pour élaborer une norme européenne afin de concrétiser les exigences d'une directive.
- Cette élaboration s'effectue dans des comités internationaux qui définissent les spécifications techniques nécessaires pour répondre aux principales exigences de sécurité de la ou des directive(s).
- 3. Dès que la norme est adoptée, elle est publiée au Journal officiel de l'UE. En outre, la norme doit être publiée dans au moins un État membre (par ex. en tant que NF EN). Elle est alors considérée comme norme européenne harmonisée.
- Une norme européenne harmonisée sert de référence et remplace toutes les normes nationales sur le même thème.
- La conformité d'un composant de sécurité ou d'une machine à une norme harmonisée entraîne la présomption qu'il existe une conformité aux exigences essentielles de sécurité et de santé définies dans les directives (par ex. la Directive Machines) (présomption de conformité).
- → Aperçu de la normalisation : www.normapme.com
- → Vous trouverez une liste des normes conférant une présomption de conformité par rapport aux directives sur le site ec.europa.eu
- L'application de normes, qu'elles soient harmonisées ou non, n'est pas exigée par la Directive Machines. Cependant, l'application de normes harmonisées entraîne une « présomption de conformité », c'est-à-dire la supposition que la machine répond aux exigences de la Directive Machines.
- S'il existe une norme de type C pour un type de machine, elle est prioritaire sur toutes les autres normes de type A et B ainsi que sur les indications du présent guide. Dans ce cas, seule la norme de type C appliquée constitue la base de la présomption de conformité à la Directive Machines.

### Résumé: normes

- Les normes techniques concrétisent les objectifs définis dans les directives européennes.
- L'application de normes harmonisées entraîne une « présomption de conformité », c'est-à-dire la supposition que la machine répond aux exigences de la directive correspondante. Ainsi, si vous sélectionnez et respectez correctement les normes applicables à votre machine ou votre installation, vous pouvez supposer que celle-ci respecte les obligations légales. Dans certains cas particuliers, les obligations du fabricant peuvent aller au-delà du contenu des normes, par ex. lorsqu'une norme ne correspond plus à l'état de la technique.
- Il existe les normes de type A (normes fondamentales de sécurité), les normes de type B (normes spécifiques de sécurité) et les normes de type C (normes de sécurité pour une catégorie de machine). Lorsqu'une norme de type C existe, elle est prioritaire sur les normes de type A ou B.

### Organismes de contrôle, assurances et autorités

### Organismes de contrôle

### Les organismes de conseil en sécurité

Les entreprises qui veulent savoir si leurs machines sont conformes aux directives européennes et normes en vigueur peuvent consulter un organisme de conseil en sécurité.

### Les organismes agréés

Les organismes agréés sont des organismes de contrôle qui certifient le respect de procédures et de critères de contrôle des institutions nationales reconnues. Il s'agit notamment d'organismes professionnels et de caisses de prévoyance professionnelles qui disposent généralement d'établissements de contrôle technique très compétents.

### **Assurances**

# Les caisses de prévoyance professionnelles/IFA - Institut de protection des travailleurs de l'assurance obligatoire allemande contre les accidents

En Allemagne, les caisses de prévoyance professionnelles et d'autres organismes supportent l'obligation légale d'assurance contre les accidents. Les caisses de prévoyance professionnelles sont organisées en associations professionnelles pour mieux répondre aux exigences spécifiques de chaque branche d'activité.

### Autorités de surveillance des marchés

Dans les États de l'UE et de l'AELE, la protection du travail et la surveillance des marchés sont sous la responsabilité d'autorités nationales.

- En France, il s'agit du ministère du Travail, de l'Emploi et de la Santé.
- En Belgique, il s'agit du Service public fédéral (SPF) Emploi, travail et concertation sociale. Les fabricants de machines peuvent s'adresser à eux pour demander des conseils spécialisés concernant la sécurité des machines et la sécurité au travail.

### Les organismes de contrôle notifiés

Chaque État de l'UE est tenu de désigner des organismes de contrôle conformément aux exigences minimales définies par la Directive Machines et de déclarer ces organismes à la Commission européenne à Bruxelles.

Seuls ces organismes sont habilités à réaliser des examens CE de type et à délivrer des attestations CE de type pour les machines et les composants de sécurité figurant à l'annexe IV de la Directive Machines. Tous les organismes de contrôle notifiés ne peuvent pas vérifier tous les types de produits ou de machines : de nombreux organismes notifiés ne sont habilités que pour des domaines d'activité particuliers.

### Les compagnies d'assurance

De nombreuses compagnies d'assurance possèdent des organismes de conseil qui offrent des conseils techniques compétents, en particulier en vue d'éviter des risques de recours en responsabilité qui résulteraient d'une méconnaissance ou du non-respect d'exigences légales.

 En Suisse, le Secrétariat d'État à l'économie (SECO) est chargé de la surveillance des marchés, tandis que l'application des règles est prise en charge par la Suva (Schweizerische Unfallversicherungsanstalt, Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents), qui se distingue également par sa grande compétence technique.

→ Vous trouverez les principales adresses utiles en annexe, à la section « Liens utiles » → i-8.

### Principes de la responsabilité du fait des produits

La notion de responsabilité du fait des produits est souvent utilisée pour englober tous les cas de responsabilité d'un fabricant ou d'un revendeur vis-à-vis d'un produit (y compris la responsabilité en cas de malfaçon du produit ou de dommages causés par celui-ci). En droit, il existe cependant des différences considérables selon le type de dommage ou leur cause. On distingue plusieurs niveaux de responsabilité: contractuelle, délictuelle, du fait des produits défectueux.

La responsabilité contractuelle concerne la conformité d'un bien au contrat et ne peut donc être invoquée que par les parties qui ont conclu le contrat, mais pas par des tiers. Elle est régie dans l'Union européenne notamment par la Directive 1999/44/CE et ses transpositions dans le droit national des pays membres.



À l'extérieur des relations contractuelles, la responsabilité produit comprend pour l'essentiel les aspects suivants :

- La responsabilité délictuelle (régie en droit français par les art. 1382 et s. du Code civil).
   La responsabilité délictuelle intervient lorsque quelqu'un inflige volontairement ou par négligence un dommage à un tiers (dans ce contexte, au moyen d'un produit qu'il a fabriqué). Contrairement à la responsabilité contractuelle, c'est une responsabilité légale, qui peut donc être invoquée par des personnes étrangères au contrat.
- La responsabilité du fait des produits défectueux entre dans le même cadre : elle peut être invoquée par les parties au contrat aussi bien que par les tiers. Elle est régie par la Directive européenne 85/374/CEE qui doit être transposée dans tous les pays de l'Union européenne. En France, il s'agit notamment des articles 1386-1 à -18 du Code civil. Par ailleurs, il existe des réglementations comparables dans de nombreux pays hors de l'UE. On trouvera ci-après un aperçu des dispositions de cette directive, mais seuls les points principaux sont abordés et non toutes les conditions et exclusions ni les détails de la transposition en droit français.

### Conditions préalables

La responsabilité du fabricant est engagée par l'art. 1 de la Directive 85/374/CEE :

« Le producteur est responsable du dommage causé par un défaut de son produit. »

Cette responsabilité est encadrée par plusieurs conditions préalables :

### Producteur (art. 3 de la directive)

C'est non seulement le producteur d'une matière première, le fabricant d'un produit fini ou d'une partie composante, mais aussi celui qui a mis le produit en circulation, c'est-à-dire l'importateur du produit dans l'EEE ou celui qui commercialise le produit d'un autre fabricant sous son nom ou sa propre marque (« quasi-fabricant »), et même le fournisseur d'un produit dont le producteur ou l'importateur ne peut être identifié.

### Produit défectueux (art. 6 de la directive)

C'est un produit qui n'offre pas toute la sécurité à laquelle on pourrait s'attendre en tenant compte de toutes les circonstances. Les dommages couverts (art. 9) sont les dommages causés par la mort ou les lésions corporelles ainsi que les dommages matériels (mais pas sur le produit lui-même et uniquement sur les biens habituellement destinés à une utilisation ou une consommation privée et principalement utilisés comme tels par la personne ayant subi les dommages). L'indemnisation des dommages matériels fait l'objet d'une franchise de 500 € ; les victimes de dommages disposent d'un délai de trois ans pour demander réparation à partir de la date à laquelle elles ont eu connaissance du dommage, du défaut et de l'identité du producteur. Par ailleurs, la responsabilité du producteur ne peut plus être engagée dix ans après la date de mise en circulation du produit.

Contrairement aux recours au titre de la garantie contractuelle ou de la responsabilité délictuelle, la responsabilité du fait des produits défectueux ne nécessite aucune faute et peut donc être invoquée même si le soin nécessaire a été apporté dans le cadre de la mise en circulation (et donc en l'absence de négligence). Il s'agit d'une responsabilité dite par mise en danger, pour laquelle il suffit qu'un danger survienne et se réalise ultérieurement dans le cadre d'une activité autorisée.

### Obligations du fabricant

On peut citer différents types de défauts qui peuvent entraîner la responsabilité du fait des produits défectueux, par exemple :

### Défauts de conception

Il s'agit des défauts qui s'expliquent par la conception du produit, par ex. la conception technique ou le choix des matériaux, qui ont un effet sur l'ensemble de la production.

### Défauts de fabrication

Il s'agit des défauts présents sur des produits ou des lots ponctuels, le fabricant étant également responsable des erreurs dites grossières.

Dans ce contexte, il convient avant tout de prendre en compte les dispositions légales d'application impérative – si une erreur est (seulement) liée à leur respect, la responsabilité du fabricant n'est pas engagée. Les normes techniques (normes européennes EN ou normes nationales NF, DIN etc.) doivent être considérées comme le seuil minimum de sécurité obligatoire. Les obligations du fabricant peuvent dépasser le respect des lois ou des normes techniques, lorsque l'on aurait pu s'at-

### Défauts d'instruction

Il existe un défaut d'instruction lorsque des instructions insuffisantes sur le produit (par ex. dans les notices d'instructions) entraînent des risques, ce qui inclut également les avertissements absents ou dissimulés. Le fabricant doit alors se baser sur l'utilisateur le moins informé et tenir compte d'une utilisation erronée d'un produit. Les défauts couverts par la responsabilité du fait des produits défectueux sont ceux qui compromettent la sécurité, il ne s'agit donc pas des défauts qui portent seulement atteinte à l'utilité du bien (vices de fabrication).

tendre de manière justifiée à des mesures allant plus loin pour garantir la sécurité du produit. Une jurisprudence de la Cour de justice des communautés européennes a par ailleurs exclu l'application d'un autre régime national de responsabilité sans faute si les conditions nécessaires à l'application de la directive européenne s'appliquent.

### Montant des dommages

En principe, le fabricant doit dédommager la victime du sinistre à hauteur de l'intégralité du préjudice subi. La directive européenne prévoit cependant une franchise de 500 € pour les dommages matériels. Pour les dommages personnels, les États membres peuvent fixer une limite à la responsabilité globale du producteur en cas de mort ou de lésions corporelles causées par une série d'articles présentant les mêmes défauts, sans que cette limite soit inférieure à 70 millions d'euros.

Le fabricant peut s'assurer en contractant une police d'assurance en responsabilité du fait des produits d'un montant suffisant.

### Résumé: responsabilité produit

- Pour éviter les recours en responsabilité du fait des produits défectueux, vous devez notamment :
  - · respecter les normes en vigueur.
  - vérifier s'il existe des mesures plus strictes à respecter pour garantir la sécurité d'un produit.
- éviter les erreurs grâce à des procédures efficaces d'assurance-qualité et de contrôle-qualité.
- Réduire les risques résiduels pour le fabricant en prenant une assurance suffisante.

Il reste à préciser que, sauf cas où la charge de la preuve est renversée, c'est en principe à la victime d'un éventuel sinistre de prouver qu'un produit défectueux a causé des dommages corporels ou matériels et se trouve à l'origine des dommages survenus. Cela n'est pas toujours possible sans problèmes, en particulier lorsque plusieurs causes possibles entrent en jeu.

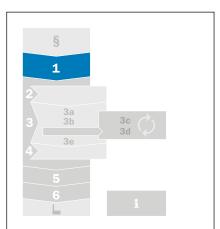
### Étape 1: appréciation des risques

Lors de la conception d'une machine, les risques possibles doivent être analysés et, si nécessaire, des mesures doivent être prévues pour protéger les opérateurs des risques existants.

Pour assister le fabricant de machines dans cette tâche, les normes définissent et décrivent le processus d'appréciation des risques. Une appréciation des risques est une suite d'étapes logiques permettant l'analyse et l'évaluation systématiques des risques. La machine doit être conçue et construite en tenant compte des résultats de l'appréciation des risques.

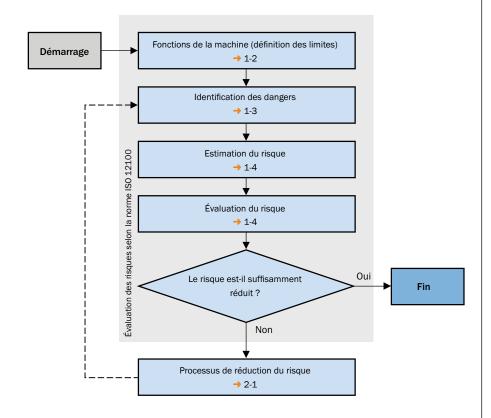
Lorsque c'est nécessaire, l'appréciation

des risques est suivie d'une réduction des risques, étape au cours de laquelle des mesures de protection adéquates sont mises en œuvre. L'application de mesures de protection ne devrait pas générer de nouveaux risques. Il peut être nécessaire de répéter tout le processus d'appréciation et de réduction des risques pour éliminer autant que possible les dangers et réduire suffisamment les risques identifiés ou supplémentaires. De nombreuses normes de type C présentent l'appréciation des risques en fonction de la machine et des applications. Si aucune norme de type C n'est applicable ou si les normes existantes sont insuffisantes, on peut utiliser les informations des normes de type A et B.



→ Conception sûre, appréciation et réduction des risques Norme A : ISO 12100

### Le processus d'appréciation des risques



### Dans ce chapitre...

Processus d'appréciation
des risques
Fonctions de la machine1-2
Identification des dangers 1-3
Estimation et
$\'evaluation du risque 1-4$
Documentation
Safexpert®
Résumé

- Le processus doit être appliqué à tous les dangers. Il doit être répété (processus itératif) tant que le risque résiduel n'est pas réduit à un niveau acceptable.
- Les résultats de l'appréciation des risques et la procédure appliquée doivent être documentés.

### Fonctions de la machine (définition des limites)

L'appréciation des risques commence en définissant les fonctions de la machine. Il peut s'agir :

- des spécifications de la machine (ce qu'elle produit, sa productivité maximale, les matériaux envisagés)
- de son encombrement et du lieu d'installation prévu
- de sa durée de vie prévue
- · des fonctions et modes de fonctionnement souhaités
- des dysfonctionnements et perturbations à prévoir
- des personnes prenant part au processus de la machine
- · des produits associés à la machine
- de l'usage correct mais aussi des comportements inopinés des opérateurs ou des mauvaises utilisations raisonnablement prévisibles (abus) de la machine

### Mauvaise utilisation prévisible

Exemples de comportements inopinés raisonnablement envisageables des opérateurs ou de mauvaises utilisations prévisibles :

- perte de contrôle de l'opérateur sur la machine (en particulier pour les machines tenues à la main ou mobiles)
- comportement réflexe de personnes en cas de dysfonctionnement, de défaillance ou de panne pendant l'utilisation de la machine
- comportement erroné par manque de concentration ou d'attention
- comportement erroné dû à l'exécution d'une tâche sur le principe du « chemin de moindre résistance »
- comportement lié à la pression de maintenir la machine en service à tout prix
- comportement de groupes de personnes spécifiques (par ex. enfants, jeunes, personnes handicapées)

### Dysfonctionnements et perturbations à prévoir

Les dysfonctionnements et perturbations des composants nécessaires aux fonctions de la machine (en particulier du système de commande) génèrent un fort potentiel de danger. Exemples:

- · changement de direction de laminage (mains happées)
- déplacement d'un robot hors de sa zone de travail programmée

### Identification des dangers

Une fois les fonctions de la machine définies, vient l'étape la plus importante de l'appréciation des risques. Il s'agit de procéder à l'identification systématique des dangers, situations dangereuses et/ou événements dangereux prévisibles.

En particulier, le fabricant de machines doit tenir compte des dangers suivants	dans toutes les phases de vie de la machine.
<ul> <li>dangers mécaniques</li> <li>dangers électriques</li> <li>dangers thermiques</li> <li>dangers dus au bruit</li> <li>dangers dus aux oscillations</li> <li>dangers dus au rayonnement</li> <li>dangers dus aux matériaux et aux substances</li> <li>dangers dus à la négligence des principes ergonomiques lors de la conception des machines</li> <li>dangers de glissade, trébuchement et chute</li> <li>dangers liés à l'environnement d'utilisation de la machine</li> <li>dangers résultant de combinaisons des dangers ci-dessus</li> </ul>	<ul> <li>transport, assemblage et installation</li> <li>mise en service</li> <li>réglage</li> <li>fonctionnement normal et dépannage</li> <li>maintenance et nettoyage</li> <li>mise hors service, démontage et mise au rebut</li> </ul>

# Exemples de dangers mécaniques sur les machines/installations Coupure Écrasement Piquage Happement ou coincement Entraînement Choc Dangers liés aux pièces rompues Dangers liés aux pièces éjectées

### Estimation et évaluation des risques

Une fois les dangers identifiés, chaque situation dangereuse envisagée doit faire l'objet d'une **estimation du risque**.



=

Sévérité des dommages



Probabilité d'occurrence

Le risque associé à la situation dangereuse dépend des éléments suivants :

- l'étendue des dommages que ce danger peut causer (blessure légère ou grave, etc.) I et
- la probabilité d'occurrence de ces dommages. Celle-ci résulte :
  - de l'exposition au danger d'une/des personnes
  - de l'occurrence d'un événement dangereux et
  - des possibilités techniques et humaines d'éviter ou de limiter les dommages

Pour estimer les risques, il existe divers outils : tableaux, graphes, méthodes numériques, etc.

L'évaluation des risques détermine, à partir des résultats de l'estimation du risque, s'il est nécessaire d'utiliser des mesures de protection et quand la réduction requise du risque est atteinte.

→ Outils et tableaux : rapport technique - ISO/TR 14121-2

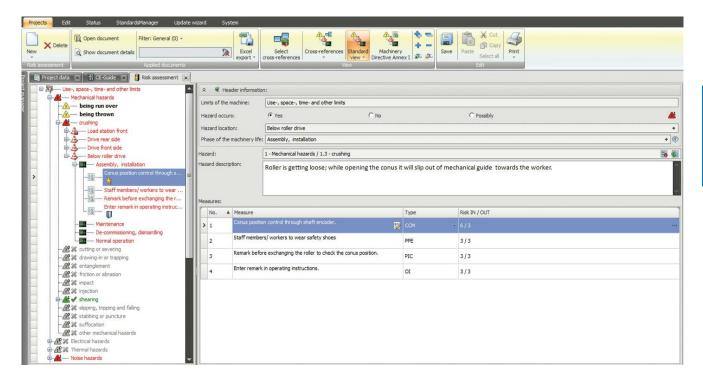
### Documentation

La documentation relative à l'appréciation des risques doit indiquer la procédure appliquée, les résultats obtenus ainsi que les renseignements suivants :

- données sur la machine, par ex. spécifications, limites, utilisation conforme, etc.
- hypothèses principales utilisées, par ex. charges, valeurs de résistance, coefficients de sécurité
- tous les dangers et situations dangereuses identifiés ainsi que les événements dangereux pris en compte
- les données utilisées et leur source, par ex. récits d'accidents et expériences de réduction du risque sur des machines comparables
- une description des mesures de protection appliquées
- une description des objectifs de réduction du risque visés au moyen de ces mesures de protection
- · les risques résiduels associés à la machine
- tous les documents établis pendant l'appréciation des risques

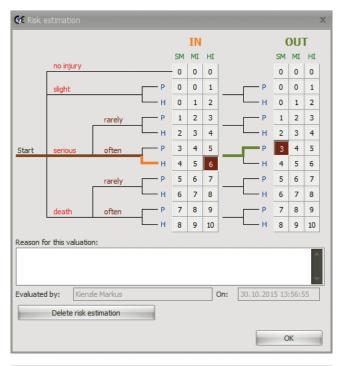
La Directive Machines n'exige pas que la documentation relative à l'appréciation des risques soit fournie avec la machine!

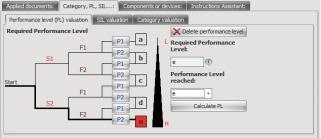
### Appréciation des risques avec Safexpert®



Le processus d'appréciation des risques est reproduit dans Safexpert®, un logiciel de gestion du processus de marquage CE. L'opérateur est guidé pas à pas dans les exigences légales et normatives. Ce logiciel simplifie la démarche en fournissant une liste des dangers, une gestion du processus de marquage CE pour structurer l'appréciation des risques et un schéma d'évaluation du risque ainsi que du niveau de sécurité exigé pour les mesures relatives au système de commande. Le gestionnaire de normes et l'assistance de mise à jour permettent d'assurer l'actualisation permanente des normes nécessaires. Les dangers sont pris en compte séparément pour chaque point dangereux et chaque phase de vie de la machine. L'évaluation individuelle des dangers permet d'optimiser le choix des mesures à appliquer pour supprimer les dangers ou réduire les risques. Safexpert® utilise une combinaison de graphiques et de tableaux des risques. L'estimation est présentée avant (IN) et après (OUT) le choix de la mesure de protection (par ex. dispositif de protection). Le risque est évalué sur une échelle de 0 (aucun risque) à 10 (risque maximum).

Safexpert® ne sert pas seulement à l'appréciation des risques. Safexpert® permet de réaliser et de documenter efficacement l'ensemble du processus de conformité selon la Directive Machines.





### Résumé: appréciation des risques

### Généralités

• Réaliser une appréciation des risques pour tous les dangers envisageables. Ce processus itératif doit prendre en compte tous les dangers et risques jusqu'à ce qu'il ne subsiste plus aucun ou seulement des risques résiduels acceptables.

### Processus d'appréciation des risques

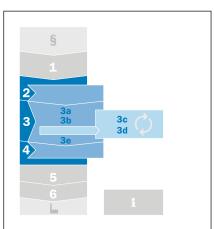
- Commencer l'appréciation des risques en définissant les fonctions de la machine.
- Dans l'appréciation des risques, tenir compte en particulier des dysfonctionnements et perturbations envisageables.
- Ensuite, identifier les dangers (mécaniques, électriques, thermiques, etc.) émanant de la machine. Tenir compte de ces dangers dans toutes les phases de vie de la machine.
- Estimer les risques liés aux dangers identifiés. Ces risques dépendent de l'étendue et de la probabilité d'occurrence des dommages.
- Documenter les résultats de l'appréciation des risques.

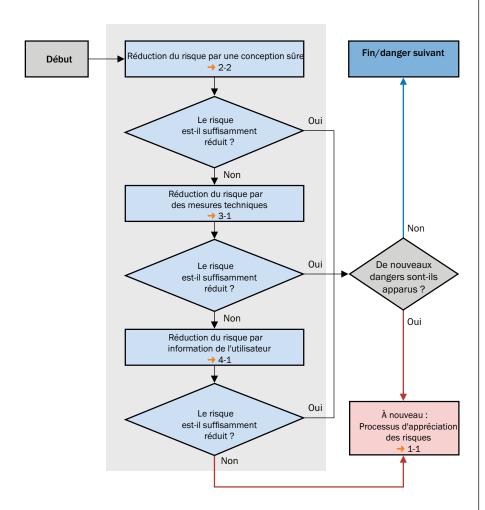
### Étapes 2 à 4 : réduction du risque

Lorsque l'évaluation des risques a montré que des mesures sont nécessaires pour réduire les risques, il faut appliquer la méthode en 3 étapes.

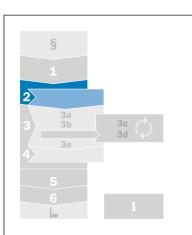
### La méthode en 3 étapes

- Pour choisir les mesures à mettre en œuvre, le fabricant de machines doit appliquer les principes suivants dans l'ordre indiqué :
- Conception sûre : éliminer ou réduire les risques dans la mesure du possible (intégration de la sécurité à la conception et à la construction de la machine)
- Mesures techniques de protection : prendre les mesures de protection nécessaires contre les risques impossibles à éliminer par des mesures de conception Information des utilisateurs sur les risques résiduels





→ Principes du processus de réduction du risque : ISO 12100 (Norme de type A)



### Étape 2 : conception sûre (sécurité inhérente à la conception)

Une conception sûre est la première et la principale étape du processus de réduction du risque. Les dangers possibles doivent être exclus dès la conception et l'organisation. L'efficacité d'une conception sûre est manifestement la meilleure. Les aspects de la conception sûre concernent la construction de la machine elle-même et les effets mutuels entre les personnes menacées et la machine.

### Exemples:

- · construction mécanique
- principe d'utilisation et de maintenance
- équipement électrique (sécurité électrique, CEM)
- principes d'arrêt en cas d'urgence
- équipement technique pour les fluides

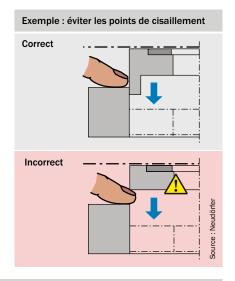
- matières premières et consommables utilisés
- · fonctions des machines et processus de production

Dans tous les cas, tous les composants doivent être sélectionnés, utilisés et adaptés afin que la sécurité des personnes soit au premier plan si la machine subit une défaillance. Il faut également s'efforcer d'éviter les dommages à la machine et à son environnement. Tous les éléments de conception des machines doivent être spécifiés de telle sorte qu'ils fonctionnent dans les limites admissibles. En principe, la conception doit être réalisée de manière aussi simple que possible. Autant que possible, les fonctions de sécurité doivent être clairement séparées des autres fonctions.

### Construction mécanique

Le premier objectif de tout projet doit être d'éviter l'apparition même des dangers. Par exemple, on pourra:

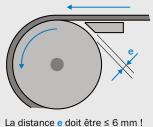
- éviter les angles vifs, les coins et les parties saillantes
- éviter les points d'écrasement et de cisaillement et les zones d'entraînement
- limiter l'énergie cinétique (masse et
- respecter les principes ergonomiques

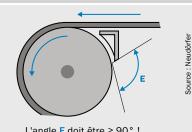


### Dans ce chapitre...



## Exemple : éviter les zones d'entraînement





L'angle E doit être ≥ 90°!

→ Alfred Neudörfer: Konstruieren sicherheitsgerechter Produkte, Springer-Verlag, Berlin u. a., ISBN 978-3-642-33889-2 (5ème édition 2013), Conception de produits sûrs, maison d'édition Springer Verlag

### Principe d'utilisation et de maintenance

La nécessité de s'exposer à la zone dangereuse doit être autant réduite que possible. Par exemple, on peut :

- utiliser des postes de chargement et déchargement automatisés
- réaliser les travaux de réglage et de maintenance « depuis l'extérieur »
- utiliser des composants fiables et disponibles pour éviter les travaux de maintenance
- appliquer des principes d'utilisation clairs et sans équivoque, par exemple un marquage clair des organes de commande

### Code de couleurs

Les organes de commande des boutons-poussoirs ainsi que les témoins lumineux ou les affichages sur écran doivent être repérés par des couleurs. Chaque couleur a une signification particulière.

→ Équipement électrique des machines : CEI 60204-1

# Signification générale des couleurs pour les organes de commande

Couleur	Signification	Explication
blanc gris noir	Non spéci- fique	Démarrage de fonctions
vert	Sûr	Actionner dans le cadre d'une utilisation sûre ou pour préparer un état normal
rouge	Urgence	Actionner en cas de situation dangereuse ou d'urgence
bleu	Consigne	Actionner en présence d'un état nécessitant une action immédiate
jaune	Anormal	Actionner en cas d'état anormal

# Signification générale des couleurs pour les témoins lumineux

Couleur Signification			Explication			
blanc		Neutre	À utiliser en cas de doute sur l'application de la couleur verte, rouge, bleue ou jaune			
vert		État normal				
rouge		Urgence	Situation dangereuse, lagir immédiatement			
bleu		Obligatoire	Indique un état nécessitant obligatoirement une action de l'opérateur			
Jaune		Anormal	État anormal, état critique imminent			

### Équipement électrique

Des mesures sont nécessaires pour éviter les dangers électriques sur les machines. On distingue à ce sujet deux types de dangers :

- dangers résultant du courant électrique, c'est-à-dire dangers provoqués par un contact direct ou indirect
- dangers résultant de situations causées indirectement par des défauts dans le système de commande
- → Vous trouverez ci-après des éléments importants pour la conception de l'équipement électrique.
- → Équipement électrique des machines : CEI 60204-1

### Raccordement au secteur

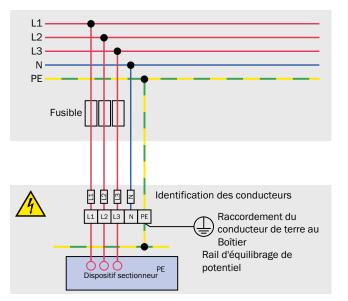
Le raccordement au secteur est l'interface entre l'équipement électrique de la machine et le secteur. Le raccordement doit respecter les dispositions de l'exploitant du réseau. Pour les applications de sécurité en particulier, une alimentation stable est nécessaire. Les dispositifs d'alimentation électrique doivent donc pouvoir supporter des microcoupures secteur.

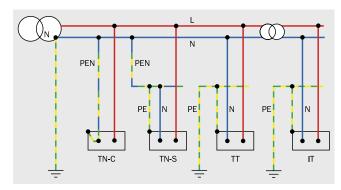
### Mise à la terre

Le système de mise à la terre caractérise d'une part le type de liaison avec la terre du circuit secondaire du transformateur d'alimentation et d'autre part le type de mise à la terre des éléments de l'équipement électrique. Il existe trois systèmes de mise à la terre standardisés au niveau international :

- · système TN
- système TT
- · système IT

La mise à la terre est une liaison conductrice avec le sol. On distingue la terre de protection PE, utilisée pour la sécurité électrique, et la terre fonctionnelle FE, utilisée à d'autres fins. Le système de conducteur de terre comprend la terre, les conducteurs de liaison et les bornes correspondantes. Tous les éléments de l'équipement électrique de l'alimentation doivent être connectés au système de conducteurs de terre pour assurer l'équilibrage de potentiel. L'équilibrage de potentiel est une précaution élémentaire pour la protection en cas défaillance.





### Système TN

Le système TN représente la forme d'alimentation secteur la plus fréquente dans les installations à basse tension. Dans le système TN, le point neutre du transformateur est directement relié à la terre (terre fonctionnelle) ; les éléments des produits raccordés sont reliés au point neutre du transformateur via le conducteur de terre (PE).

Selon la section des conducteurs, les conducteurs PE et N sont posés sous forme de câble combiné (système TN-C) ou de deux câbles indépendants (système TN-S).

### Système TT

Dans un système TT, le point neutre du transformateur d'alimentation est mis à la terre comme dans un système TN-S. Les conducteurs de terre raccordés au boîtier conducteur de l'appareil ne sont pas reliés à ce point neutre, mais mis à la terre séparément. Les éléments de l'appareil peuvent également être mis à la terre par un connecteur de terre de protection commun.

Les systèmes TT ne sont généralement utilisés qu'avec des disjoncteurs FI.

L'avantage du système TT réside dans sa plus grande fiabilité sur les longues lignes transfrontalières.

### Système IT

Dans un système IT, les boîtiers conducteurs des appareils sont mis à la terre comme dans un système TT, mais le point neutre du transformateur d'alimentation ne l'est pas. Les installations dont la coupure représente un certain risque et qui ne doivent pas être déconnectées en cas de court-circuit d'un seul élément ou d'un seul contact à la terre sont réalisées sous forme de système IT.

Dans le domaine de la basse tension, les systèmes IT sont par exemple prescrits pour alimenter les blocs opératoires et les locaux de soins intensifs dans les hôpitaux.

→ Mesures de protection : CEI 60364-4-41, avec adaptations nationales variables

### Dispositifs sectionneurs

Pour chaque raccordement au secteur d'une ou plusieurs machines, un dispositif sectionneur doit être prévu. Il doit permettre de séparer l'équipement électrique de l'alimentation :

- sectionneur à coupure en charge pour catégorie d'emploi AC-23B ou DC-23B
- sectionneur à contact auxiliaire pour une précoupure de la charge
- · disjoncteur
- connecteur mâle/combinaison de connecteurs jusqu'à 16 A/3 kW

Certains circuits électriques, tels que les circuits de commandes de verrouillage, ne doivent pas être coupés par le dispositif sectionneur. Dans ce cas, des précautions spécifiques doivent être prises pour garantir la sécurité des opérateurs.

# Dispositif de coupure pour la prévention des démarrages intempestifs

Pendant les travaux de maintenance, les intervenants ne doivent pas être mis en danger par un démarrage de la machine ou une remise sous tension. Il faut donc prévoir des moyens permettant d'empêcher la fermeture involontaire et/ou erronée du dispositif sectionneur. Par exemple, on peut cadenasser la poignée d'un interrupteur général en position Arrêt.

Ce dispositif de coupure n'est pas adapté comme mesure de protection en cas d'intervention brève, nécessitée par le fonctionnement, dans la zone dangereuse.

### Protection contre les chocs électriques

### Classes de protection

La division en classes de protection indique par quels moyens on peut assurer la sécurité face à un défaut unique. En revanche, cette répartition ne donne pas d'indications sur la hauteur de la protection.



### Classe de protection I

Entrent dans cette classe de protection tous les appareils à isolation simple (isolation de base) avec un conducteur de terre. Le fil de terre doit être connecté sur la borne portant le symbole ci-contre ou l'indication PE et doit être de couleur vert-jaune.



### Classe de protection II

Les appareils de la classe de protection II possèdent une isolation renforcée ou doublée et n'ont pas de raccordement à la terre. Cette mesure de protection est également appelée double isolation. Aucun conducteur de terre ne doit être branché.



### Classe de protection III

Les appareils de classe de protection III utilisent la très basse tension de sécurité et ne nécessitent donc aucune protection explicite.

### Très basse tension de sécurité TBTS/TBTP

La basse tension de protection, ou très basse tension de sécurité, va jusqu'à 50 volts efficaces (Vrms) en courant alternatif et jusqu'à 120 volts en courant continu. En outre, au-dessus du seuil de 75 volts en courant continu, les exigences de la Directive Basse tension s'appliquent.

En cas d'utilisation dans des locaux habituellement secs, il est possible de se passer de protection contre un contact direct (protection de base) lorsque la tension ne dépasse pas une tension efficace de 25 volts en courant alternatif ou une tension sans harmoniques de 60 volts en courant continu. L'absence d'harmoniques est constatée par la superposition de la tension continue sur une portion sinusoïdale de tension alternative d'au maximum 10 % efficaces.

Le circuit très basse tension de sécurité doit être correctement isolé des autres circuits électriques (distances d'isolement et de fuite superficielle suffisantes, isolation, raccordement des circuits électriques au connecteur de terre, etc.).

### On distingue:

- la TBTS (très basse tension de sécurité)
- la TBTP (très basse tension de protection)

La très basse tension de sécurité ne doit pas être générée à partir du secteur par des autotransformateurs, des diviseurs de tension ou des résistances additionnelles.

		ELV (CA < 50 V <sub>rms</sub> , CC < 120 V)			
		твтѕ	ТВТР		
Type de séparation	Sources de séparation	Sources de courant à séparation sûre, par ex. un transformateur de sécurité ou des sources d'alimentation équivalente			
	Circuits électriques	<ul> <li>Circuits électriques à séparation sûre par rapport à d'autres circuits non-TBTS ou non-TBTP</li> <li>Circuits électriques avec isolation de base entre les circuits TBTS et TBTP</li> </ul>			
Connexion à la terre ou à un connecteur de terre	Circuits électriques	Circuits électriques non mis à la terre	Circuits mis à la terre ou non		
	Boîtier	Les boîtiers ne doivent pas être mis à la terre intentionnellement ni raccordés à un conducteur de terre.	Les boîtiers peuvent être mis à la terre ou connectés à un conducteur de terre.		
Mesures supplémentaires	Tension nominale:  CA > 25 V ou  CC > 60 V ou  appareils soumis à l'eau	Protection de base par une isolation ou des enveloppes conformes aux norme			
	Tension nominale en milieu sec normal :  • CA ≤ 25 V ou  • CC ≤ 60 V	Aucune mesure supplémentaire exigée	Protection de base par :  isolation ou enveloppes conformes aux normes ou  corps et parties actives reliées par rail de terre principal		

→ Classes de protection : EN 50178

→ Sécurité des transformateurs : série EN-61588

### Mesures/indices de protection

Les indices de protection décrivent la protection d'un appareil contre la pénétration d'eau (pas de vapeur) et de particules étrangères (poussière). En outre, ils décrivent la protection contre le contact direct avec des éléments sous tension. Cette protection est en principe toujours obligatoire, même à basse

tension. Tous les éléments accessibles restant sous tension après la coupure doivent posséder au minimum l'indice de protection IP 2x et les armoires électriques au minimum l'indice IP 54.

				15°							
1er chiffre : Protection contre	: la	<b>2e chiffre :</b> Protection contre la pénétration d'eau (pas de vapeur d'eau, pas d'autres liquides !)									
pénétration d'élé solides	ments	IP0	IP1	IP2	IP3	IP4	IP5	IP6	IP7	IP8	IP9K
condo		Aucune protection	Gouttes d'e		Gouttes en pluie	Projections d'eau	Jets d'eau	Paquets de mer	Immersion temporaire		100 bar, 16 l/min., 80 °C
IP 0 Aucune protection		IP 00									
IP 1 Taille du corps étranger ≥ 50 mm Ø		IP 10	IP 11	IP 12							
IP 2 Taille du corps étranger ≥ 12 mm Ø		IP 20	IP 21	IP 22	IP 23						
IP 3 Taille du corps étranger ≥ 2,5 mm Ø		IP 30	IP 31	IP 32	IP 33	IP 34					
IP 4 Taille du corps étranger ≥ 1 mm Ø		IP 40	IP 41	IP 42	IP 43	IP 44					
IP 5 Protégé contre la poussière	j	IP 50			IP 53	IP 54	IP 55	IP 56			
IP 6 Étanche à la poussière		IP 60					IP 65	IP 66	IP 67		IP 69K

→ Indices de protection des boîtiers : EN 60529

### Arrêt

Outre l'arrêt du fonctionnement normal, une machine doit pouvoir être arrêtée en cas d'urgence pour des raisons de sécurité.

### **Exigences**

- Chaque machine doit être équipée d'un dispositif de commande permettant l'arrêt normal de la machine entière.
- Il faut au moins une fonction d'arrêt de catégorie 0. Des fonctions d'arrêt de catégorie 1 et/ou 2 peuvent être nécessaires du fait des exigences de sécurité et de fonctionnement de la machine.
- Une commande d'arrêt de la machine doit être prioritaire sur les systèmes de commande de mise en marche. Lorsque la machine ou ses pièces dangereuses ont été arrêtées, l'alimentation de l'entraînement doit être interrompue.

### Catégories d'arrêt

Les exigences de sécurité et de fonctionnement de la machine nécessitent des fonctions d'arrêt réparties dans différentes catégories. Ne pas confondre les catégories d'arrêt avec les catégories selon la norme ISO 13849-1.

Catégorie d'arrêt 0	Coupure de l'alimentation des éléments d'entraînement (arrêt non contrôlé)
Catégorie d'arrêt 1	La machine passe à un état sûr, puis l'alimentation des éléments d'entraînement est coupée
Catégorie d'arrêt 2	La machine passe à un état sûr, mais l'alimentation des éléments d'entraînement n'est pas coupée

→ Voir aussi la section « Arrêt en cas d'urgence » → 3-7

→ Catégories d'arrêt, voir « Équipement électrique des machines : CEI 60204-1 »

### Compatibilité électromagnétique (CEM)

La directive européenne CEM définit la compatibilité électromagnétique comme : « l'aptitude d'équipements à fonctionner dans leur environnement électromagnétique de façon satisfaisante sans produire eux-mêmes de perturbations électromagnétiques intolérables pour d'autres équipements dans cet environnement ».

La machine et les composants utilisés doivent être choisis et vérifiés pour s'assurer qu'ils résistent aux perturbations prévisibles. Des exigences particulières s'appliquent aux composants de sécurité.

Les perturbations électromagnétiques peuvent être provoquées par :

- des perturbations électriques rapides, transitoires (burst)
- des tensions de choc (surge), par ex. si la foudre tombe sur le réseau
- · des champs électromagnétiques
- des perturbations à haute fréquence (de câbles voisins)
- des décharges électrostatiques (ESD)

Il existe des limites de perturbation pour le secteur industriel et le secteur résidentiel. Dans le secteur industriel, les exigences de sensibilité aux perturbations sont plus élevées, mais les limites d'émission sont également plus hautes. Ainsi, des composants qui respectent les dispositions de protection pour le secteur industriel peuvent provoquer des perturbations dans le domaine résidentiel. Le tableau ci-après donne des exemples d'intensité minimale des champs d'interférence dans différents domaines d'application.

Intensité minimale typique des champs d'interférence dans la plage de fréquence de 900 à 2.000 MHz

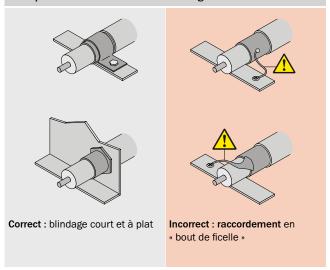
Domaine d'application	Intensité minimale de champ d'interférence tolérée
Électronique grand public	3 V/m
Électroménager	3 V/m
Appareils informatiques	3 V/m
Appareils médicaux	3 30 V/m
Électronique industrielle	10 V/m
Composants de sécurité	10 30 V/m
Électronique des véhicules	jusqu'à 100 V/m

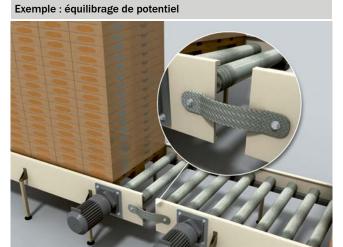
Exemple : distances typiques des installations de téléphonie mobile à différentes intensités de perturbation							
Domaine d'application 3 V/m 10 V/m Remarque							
Poste DECT	env. 1,5 m	env. 0,4 m	≤ 1 cm	Base ou poste mobile			
Mobile GSM	env. 3 m	env. 1 m	≤ 1 cm	Puissance d'émission maximale (900 MHz)			
Base GSM	env. 1,5 m	env. 1,5 m	env. 1,5 m	Pour une puissance d'émission d'environ 10 watts			

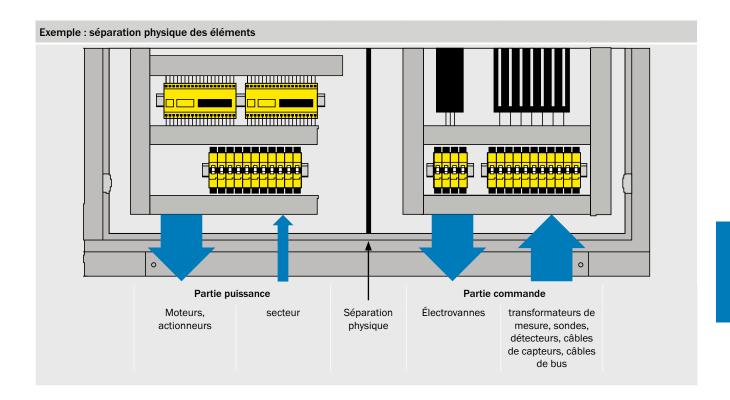
### Quelques principes de conception pour éviter les problèmes de CEM:

- assurer un équilibrage de potentiel continu par une liaison conductrice entre les éléments de la machine et de l'installation
- maintenir une séparation physique avec le bloc d'alimentation (secteur, actionneurs, convertisseurs)
- éviter les courants d'équilibrage de potentiel via le blindage du câble
- assurer le contact court et à plat des blindages
- raccorder la terre fonctionnelle (FE) existante
- terminer correctement les câbles de communication existants. Pour la transmission de données (bus de terrain), des câbles torsadés sont souvent nécessaires.

### Exemple: connexion correcte du blindage







- → Normes CEM: EN 61000-1 à -4
- → Exigences CEM relatives aux composants de sécurité : CEI 61496-1, CEI 62061

### Technologie des fluides

La technologie des fluides est un terme général recouvrant tous les processus dans lesquels de l'énergie est transportée par des gaz ou des liquides. On utilise ce terme global parce que les liquides et les gaz ont un comportement similaire. La technologie des fluides décrit les procédés et installations de transmission de force au moyen de fluides dans des systèmes fermés.

### Sous-systèmes

Chaque installation fluidique se compose des sous-systèmes suivants :

• Compression : compresseur/pompe

· Conditionnement: filtre

• Transmission: tuyauterie/flexibles

Commande : vanneAction : vérin

La pression s'établit dans chaque système fluidique par le transport du fluide en fonction de la charge. Lorsque la charge augmente, la pression augmente également.

Techniquement, la technologie des fluides est appliquée en hydraulique (transmission d'énergie par huile hydraulique) et en pneumatique (transmission par air comprimé). L'huile hydraulique nécessite un circuit de fluides (aller et retour), tandis qu'en pneumatique, l'air résiduaire est évacué dans l'atmosphère via des silencieux.

### Principes de conception

Tous les éléments d'un système fluidique doivent être protégés contre les pressions dépassant la pression maximale de fonctionnement d'un sous-système ou la pression nominale d'un composant. Une fuite au sein d'un composant ou dans les tuyauteries/flexibles ne doit pas causer de danger. Il faut utiliser des silencieux pour réduire le niveau sonore causé par l'échappement de l'air. L'utilisation de silencieux ne doit pas générer de dangers supplémentaires, les silencieux ne doivent pas causer de contre-pression nocive.

### Utilisation en atmosphère explosive

La protection contre les explosions est un aspect particulièrement important de la sécurité. En cas d'explosion, les personnes sont menacées entre autres par l'émanation de chaleur incontrôlée, les flammes, les ondes de choc et les projections de débris, par les produits de réaction nocifs ou encore par la consommation de l'oxygène nécessaire à la respiration se trouvant dans l'air environnant. Les explosions et les incendies ne sont pas les causes les plus fréquentes d'accidents du travail. Cependant, leurs conséquences sont spectaculaires et souvent associées à de lourdes pertes humaines et de coûteux dommages économiques.

Partout où l'on fabrique, transporte, transforme ou stocke des poussières, des gaz ou des liquides inflammables, il peut se former une atmosphère explosive, c'est-à-dire un mélange de combustible et d'oxygène situé dans les limites d'explosion. Lorsqu'une source de chaleur est présente, l'explosion se produit.

### 100 % vol. Concentration en oxygène % vol. Mélange trop pauvre : Atmosphère Mélange trop riche : pas d'allumage pas d'explosion explosive spontané Limites d'explosion Konzentration der entzündlichen Substanz 0 % vol.

### Évaluation des mesures de protection nécessaires

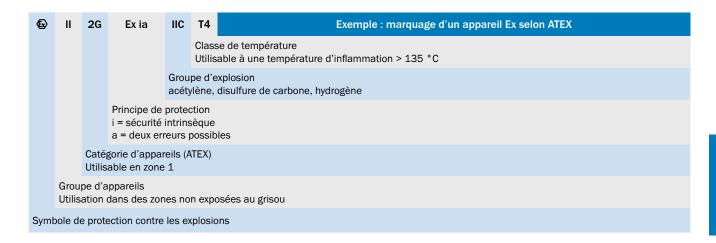
Pour évaluer l'étendue des mesures de protection nécessaires, les sites explosibles sont divisés en zones en fonction de la probabilité d'occurrence d'une atmosphère explosive dangereuse, voir Directive 1992/92/CE, Annexe I.

Les données du tableau ci-dessous ne s'appliquent pas au secteur minier (surface, fond).

Définition des zones							
Pour les gaz G	Zone 2	Zone 1	Zone 0				
Pour les poussières D	Zone 22	Zone 21	Zone 20				
Atmosphère explosive	rare, courte durée (< 10/an)	occasionnelle (10 - 100 h/an)	permanente, fréquente, longue durée (> 1000 h/an)				
Mesure de sécurité	normale	haute	très haute				
Catégorie d'appareils utilisable (ATEX)							
1	II 1G/II 1D						
2	II 2G/II 2D						
3	II 3G/II 3D						

#### Identification

Les appareils doivent être conçus, testés et revêtus du marquage adéquat pour l'utilisation dans ces zones.



- Directive ATEX 1994/9/CE (valable jusqu'au 19/04/2016), 2014/34/UE (valable à partir du 20/04/2016)
- → Normes: EN 1127-1, EN 60079-0

# Résumé: conception sûre

# Mécanique, électricité, utilisation

- Par principe, le meilleur moyen d'éviter les risques est d'empêcher leur apparition.
- Concevoir la machine pour que les opérateurs soient le moins possible exposés à la zone dangereuse.
- Éviter les risques résultants directement du courant électrique (contact direct ou indirect) ou causés indirectement par des défauts dans le système de commande.

# Interventions en cas d'urgence, arrêt

- Prévoir un dispositif de commande pour l'arrêt normal de l'installation complète.
- Utiliser l'arrêt d'urgence pour stopper un processus ou un mouvement dangereux.
- Utiliser l'arrêt d'urgence lorsqu'il faut déconnecter en toute sécurité les sources d'énergie causes de danger.

# CEM

- Concevoir des machines respectant les exigences CEM en vigueur. Les composants utilisés doivent être choisis et vérifiés de telle sorte...
  - qu'ils ne causent aucune perturbation électromagnétique à d'autres appareils/installations
  - qu'ils résistent aux perturbations qu'ils sont susceptibles de subir.

# Étape 3 : mesures techniques de protection

Les mesures techniques de protection sont mises en œuvre par

- des moyens de protection qui font partie d'une fonction de sécurité, tels que des capots, des portes, des barrages immatériels, des commandes bimanuelles,
- ou des dispositifs de surveillance et de limitation (de position, vitesse, etc.)
- des mesures destinées à réduire les émissions.

Tous les moyens de protection ne sont pas intégrés dans le système de commande de la machine. Par exemple, on peut utiliser un protecteur (barrières, capots). Les exigences en matière de sécurité sont respectées lorsque ces moyens de protection sont correctement conçus.

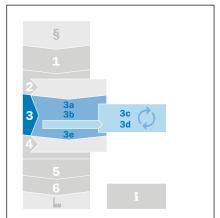
#### Sécurité fonctionnelle

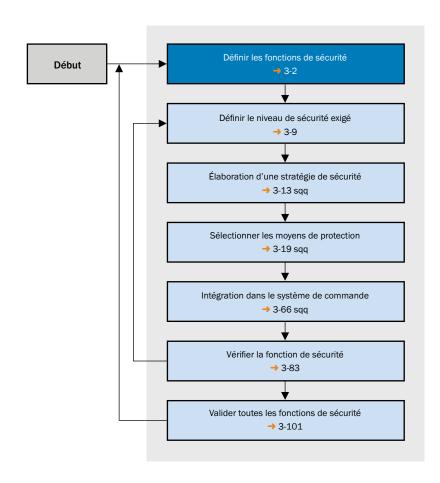
Lorsque l'efficacité d'une mesure de protection dépend du bon fonctionnement du système de commande, on parle de sécurité fonctionnelle. Pour sa réalisation, il faut définir les fonctions de sécurité, déterminer le niveau de sécurité requis puis le tout doit être mis en œuvre avec les composants adéquats et vérifié.

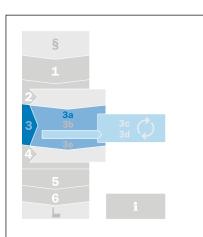
#### Validation

La validation de toutes les mesures techniques de protection garantit que les fonctions de sécurité adéquates sont fiables.

La conception des mesures de protection et des fonctions de sécurité et la méthodologie de mise en œuvre du système de commande sont décrites au chapitre suivant (étapes 3a à 3e).







# Dans ce chapitre...

Empêcher l'accès en permanence3-2
Empêcher temporairement
Retenir des pièces, matériaux, rayonnements
Déclencher l'arrêt3-3
Empêcher un démarrage intempestif
Empêcher le démarrage
Combinaison : déclencher l'arrêt et empêcher le démarrage3-4
Permettre le passage des matériaux3-5
Surveiller les paramètres de la machine 3-5
Neutraliser les fonctions de sécurité manuellement et
temporairement3-6
Combiner ou alterner des fonctions de sécurité3-6
Arrêt en cas d'urgence 3-7
Signaux de sécurité et alarmes 3-7
Autres fonctions3-8
Résumé

# Étape 3a : définir les fonctions de sécurité

Les fonctions de sécurité définissent comment le risque sera réduit en mettant en œuvre des mesures techniques de protection. Chaque danger qui n'a pas été exclu à la conception doit faire l'objet d'une fonction de sécurité. Il est nécessaire de définir précisément la fonction de sécurité pour atteindre la sécurité visée à un coût raisonnable. La définition de la fonction de sécurité permet de déduire le type et le nombre de composants nécessaires pour exécuter cette fonction.

→ Exemples de définition des fonctions de sécurité : rapport BGIA 2/2008 « Funktionale Sicherheit von Maschinensteuerungen » (Sécurité fonctionnelle des commandes de machines)

# Empêcher l'accès en permanence

On empêche l'accès à un point dangereux au moyen de capots mécaniques, de barrières ou d'obstacles appelés protecteurs.

#### Exemples:

- Capots empêchant l'accès direct aux points dangereux
- Moyens de protection par maintien à distance (par ex. tunnels) empêchant l'accès aux points dangereux et permettant le passage des matériaux ou des marchandises (voir illustration)
- Accès des personnes à la zone dangereuse interdit par un protecteur



# Empêcher temporairement l'accès

L'accès à un point dangereux est impossible jusqu'à ce que la machine se trouve dans un état sûr.

# Exemples:

 L'arrêt machine est initié sur demande. Dès que la machine atteint un état sûr, le blocage de l'accès par l'interrupteur de sécurité à interverrouillage est levé.



# Retenir des pièces, matériaux, rayonnements

Lorsqu'une machine peut éjecter des objets ou produire des rayonnements, il faut employer des moyens mécaniques de protection (protecteurs) pour éviter les risques associés.

## Exemples:

- Capot de protection avec fenêtre spéciale sur une fraiseuse pour éviter les projections de copeaux et d'éléments d'outils (voir illustration)
- Clôture capable de retenir un bras robotisé



# Déclencher l'arrêt

Une fonction Arrêt de sécurité met la machine dans un état sûr suite à une requête (par ex. approche d'une personne). Pour réduire le temps d'arrêt, il peut être utile de réaliser cette fonction d'arrêt selon la catégorie d'arrêt 1 (CEI 60204-1 → 2-9). Le cas échéant, des fonctions de sécurité supplémentaires sont nécessaires pour empêcher un redémarrage intempestif.

- Ouverture d'une porte de protection avec dispositif de verrouillage sans interverrouillage
- Interruption des faisceaux d'une barrière immatérielle de sécurité multifaisceaux surveillant l'accès à la machine (voir illustration)

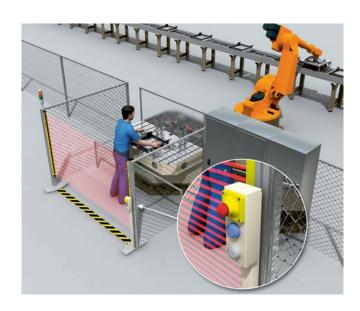


# Empêcher un démarrage intempestif

Après l'exécution de la fonction « Déclencher l'arrêt » ou la mise sous tension de la machine, des actions conscientes sont nécessaires pour mettre la machine en mouvement. Il existe par exemple le réarmement manuel d'un dispositif de protection qui permet de préparer le redémarrage de la machine (voir aussi la section « Réarmement et redémarrage » → 3-65).

## Exemples:

- Réarmement d'une barrière optoélectronique (voir illustration : bouton bleu « Reset »)
- · Réarmement du dispositif d'arrêt d'urgence
- Redémarrage de la machine lorsque tous les dispositifs de sécurité nécessaires sont actifs



# Empêcher le démarrage

Après le déclenchement de la fonction « Déclencher l'arrêt », des mesures techniques empêchent le démarrage ou la reprise du mouvement tant qu'une personne se trouve dans la zone dangereuse.

#### Exemples:

- Systèmes à transfert de clé
- Détection dans le champ de protection actif d'un barrage immatériel de sécurité horizontal (voir illustration). La fonction
   « Déclencher l'arrêt » est réalisée par le champ de protection vertical du barrage immatériel de sécurité.



# Combinaison : déclencher l'arrêt et empêcher le démarrage

Le même dispositif de protection qui déclenche l'arrêt empêche le redémarrage tant que des personnes ou des parties du corps se trouvent dans la zone dangereuse.

- une commande bimanuelle pour un poste de travail mono-opérateur
- utilisation d'un barrage immatériel pour empêcher le contournement par l'arrière ou par les côtés (protection des points dangereux)
- utilisation d'un scrutateur laser de sécurité pour la protection de zone (voir illustration)

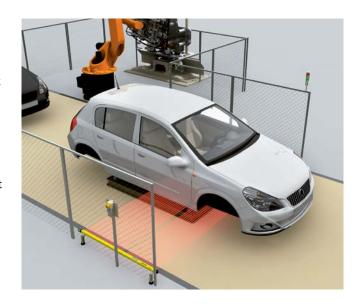


# Permettre le passage de matériaux

Pour convoyer des matériaux à l'intérieur ou hors d'une zone dangereuse, on utilise les caractéristiques spécifiques des matériaux pour les reconnaître ou les distinguer automatiquement des personnes. Ainsi, le dispositif de protection ne réagit pas au passage de matériaux mais détecte les personnes.

## Exemples:

- Grâce à un choix et un positionnement judicieux des capteurs, les matériaux sont reconnus et la fonction de sécurité est temporairement neutralisée (inhibition/muting) pendant le passage des matériaux.
- Barrages immatériels horizontaux avec algorithme intégré de distinction des personnes et des matériaux (voir illustration)
- Commutation du champ de protection d'un scrutateur laser de sécurité

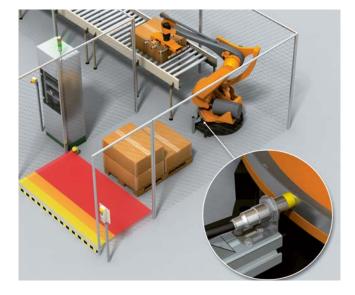


→ Pour plus d'explications, voir la section « Fonctions de sécurité intégrables dans l'ESPE » → 3-38.

# Surveiller les paramètres de la machine

Dans certaines applications, il est nécessaire de surveiller différents paramètres de la machine pour vérifier qu'ils respectent les limites de sécurité. En cas de dépassement d'un seuil, des mesures adaptées sont prises (par ex. arrêt, signal d'alarme).

- Surveillance de vitesse, de température ou de pression
- Surveillance de position (voir illustration)



# Neutraliser les fonctions de sécurité manuellement et temporairement

Il n'est possible de procéder à des opérations de réglage ou d'observation du processus nécessitant la neutralisation temporaire des fonctions de sécurité des dispositifs de protection pendant que la machine est en marche que si les conditions suivantes sont remplies :

- au moyen d'un sélecteur de mode en bonne position d'utilisation
- blocage de la commande automatique, pas de mouvements de la machine dus à des influences directes ou indirectes sur les capteurs
- aucun enchaînement de séquence ne doit être possible.
- les fonctions dangereuses de la machine ne doivent pouvoir être utilisées que si les dispositifs de commande sont actionnés en continu (par ex. bouton de validation)
- les fonctions dangereuses de la machine ne doivent être utilisées que lorsque le risque est réduit (par ex. limitation de la vitesse, de la course et de la durée d'utilisation)



 Mouvement seulement lorsque le bouton de validation est actionné et la vitesse réduite



## Combiner ou alterner des fonctions de sécurité

Une machine peut prendre différents états ou utiliser différents modes de fonctionnement. Différentes mesures et fonctions de sécurité peuvent alors s'appliquer ou être couplées. Il est impératif de s'assurer que le niveau de sécurité requis est toujours atteint. La commutation des modes de fonctionnement ou le choix et l'adaptation de différentes mesures de sécurité ne doivent pas entraîner une situation dangereuse.

- Au passage du mode de réglage au mode de fonctionnement normal, la machine s'arrête. Une nouvelle commande manuelle de démarrage est nécessaire.
- Adaptation de la zone de détection d'un scrutateur laser en fonction de la vitesse du véhicule (voir illustration)



# Arrêt en cas d'urgence

L'arrêt en cas d'urgence (arrêt d'urgence) est une mesure de protection complémentaire et en aucun cas un moyen primaire de réduction des risques.



→ Voir CEI 60204-1 et ISO 13850

# Signaux de sécurité et avertissement

Les signaux de sécurité sont des mesures d'information qui avertissent l'utilisateur de dangers potentiels (par ex. survitesse) ou de possibles risques résiduels. De tels signaux peuvent également servir à prévenir les opérateurs avant le déclenchement de mesures de protection automatiques.

- Les dispositifs d'avertissement doivent être conçus et disposés de façon à permettre une identification facile.
- L'information de l'utilisateur doit imposer une vérification régulière des dispositifs d'avertissement.
- Il est conseillé d'éviter les surcharges sensorielles, en particulier avec les alarmes acoustiques.

- Témoins de verrouillage
- Signaux de démarrage
- Lampes d'inhibition (muting)



# **Autres fonctions**

D'autres fonctions peuvent être réalisées par des équipements de sécurité même si elles ne servent pas à la protection des personnes. Cela n'entrave pas les fonctions de sécurité ellesmêmes.

## Exemples:

- · Protection des outils/machines
- Mode cadencé (déclenchement de cycle → 3-40 sqq)
- Utilisation de l'état du dispositif de protection pour l'automatisation (par ex. navigation)

# Résumé : définir les fonctions de sécurité

# Vous devez définir quelles fonctions de sécurité sont nécessaires pour réduire les risques :

- Empêcher l'accès en permanence
- Empêcher temporairement l'accès
- Retenir des pièces, matériaux, rayonnements
- · Déclencher l'arrêt
- Empêcher le démarrage
- · Empêcher un démarrage intempestif

- Combinaison : déclencher l'arrêt et empêcher le démarrage
- Distinguer les personnes/matériaux
- Surveiller les paramètres de la machine
- Neutraliser les fonctions de sécurité manuellement et temporairement
- Combiner ou alterner des fonctions de sécurité

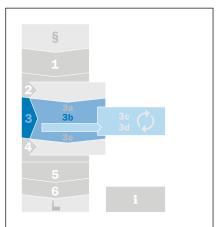
# Étape 3b : définir le niveau de sécurité exigé

En règle générale, le niveau de sécurité requis est défini dans les normes de type C (normes spécifiques des machines).

Le niveau de sécurité requis doit être défini individuellement pour chaque fonction de sécurité et s'applique ensuite à tous les appareils impliqués, par ex. aux...

- capteurs/dispositifs de protection
- · unités logiques
- actionneur(s)

S'il n'existe aucune norme de type C pour la machine en question ou si la norme de type C existante ne contient aucune information à ce sujet, le niveau de sécurité requis peut être défini selon l'une des normes suivantes :



→ ISO 13849-1

→ CEI 62061

L'application des normes garantit que les dépenses engagées pour la réalisation sont raisonnables par rapport au risque constaté.

La protection d'un opérateur qui dépose ou prélève des pièces à la main dans une presse à métaux ne nécessite pas les mêmes considérations que la protection d'un opérateur qui travaille sur une machine où il risque au maximum de se pincer un doigt.

En outre, une seule et même machine peut présenter au cours de ses phases d'existence différents points dangereux avec des risques variables. Dans ce cas, les fonctions de sécurité doivent être définies pour chaque phase de vie et pour chaque danger.

Toutes les normes reposent sur les éléments d'évaluation des risques ci-après : la gravité des possibles blessures/dommages pour la santé la fréquence et/ou la durée de l'exposition au danger la possibilité d'éviter le danger La combinaison des paramètres détermine le niveau de sécurité requis.

L'application des procédures décrites dans ces normes pour déterminer le niveau de sécurité concerne la machine sans moyen de protection.

# Dans ce chapitre...

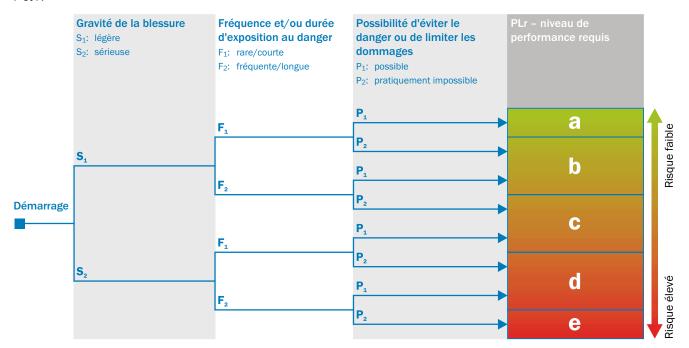
Niveau de performance requis
(PLr) selon ISO 13849-1.......3-10
Niveau d'intégrité de sécurité
(SIL) selon CEI 62061......3-11
Résumé ...........3-12

8009101/2015-07-07

# Niveau de performance requis (PLr) selon ISO 13849-1

Cette norme utilise également un graphe (arborescence des risques) pour déterminer le niveau de sécurité requis. Pour déterminer l'ampleur du risque, elle applique les paramètres S, F et P.

Le résultat du processus est un « niveau de performance requis » (PLr = required Performance Level).



Arborescence des risques selon la norme ISO 13849-1

Le niveau de performance est divisé en cinq graduations. Il dépend de la structure du système de commande, de la fiabilité des composants utilisés, de la capacité à détecter les erreurs ainsi que de la capacité à résister aux défaillances de cause commune dans les systèmes de commande à canaux multiples (voir la section « Caractéristiques de sécurité des sous-systèmes » → 3-16). Par ailleurs, des mesures supplémentaires sont exigées pour éviter les erreurs de conception.

# Niveau d'intégrité de sécurité (SIL) selon CEI 62061

La procédure utilisée ici est numérique. On évalue l'ampleur des dommages, la fréquence/durée de séjour dans la zone dangereuse et la possibilité d'éviter le danger. En outre, la probabilité d'apparition d'un événement dangereux est prise en compte. Le résultat du calcul est le niveau d'intégrité de sécurité (SIL = Safety Integrity Level).

Conséquences	Sévérité des dommages S	Classe K = F + W + P				
		4	5-7	8-10	11-13	14-15
Mort, perte d'un œil ou d'un bras	4	SIL2	SIL2	SIL2	SIL3	SIL3
Lésions permanentes, perte de doigts	3			SIL1	SIL2	SIL3
Lésions réversibles, traitement médical	2				SIL1	SIL2
Lésions réversibles, premiers secours	1					SIL1

Fréquence <sup>1)</sup> de l'événement dangereux F	
F ≥ 1 × par heure	5
$1 \times par heure > F \ge 1 \times par jour$	5
1 × par jour > F ≥ 1 × toutes les 2 semaines	4
1 × toutes les 2 semaines > F ≥ 1 × par an	3
1 × par an > F	2
•••	

Probabilité d'apparition de l'événement dangereux W	
Fréquente	5
Probable	4
Possible	3
Rare	2
Négligeable	1

Possibilité d'éviter l'événement dangereux P  Impossible 5  Possible 3		
·	dangereux	
·		
·		
Possible 3	Impossible	5
	Possible	3
Probable 1	Probable	1

Le niveau d'intégrité de sécurité est calculé comme suit :

- 1. Définir la sévérité des dommages S.
- 2. Compter les points de fréquence F, de probabilité W et de possibilité d'éviter P.
- 3. Calculer la classe K en additionnant F, W et P.
- 4. Le niveau d'intégrité de sécurité est le point d'intersection entre la ligne « Sévérité des dommages S » et la colonne « Classe K ».

# Champ d'application des normes ISO 13849-1 et CEI 62061

Les normes ISO 13849-1 comme CEI 62061 définissent les exigences relatives à la conception et à la réalisation des parties des systèmes de commande relatives à la sécurité. L'opérateur peut sélectionner la norme applicable en fonction de la technologie utilisée d'après les indications du tableau ci-après.

Le niveau d'intégrité de sécurité est divisé en trois graduations. Il dépend de la structure du système de commande, de la fiabilité des composants utilisés, de la capacité à détecter les défauts ainsi que de la capacité à résister aux défaillance de cause commune dans les systèmes de commande à canaux multiples. Par ailleurs, des mesures supplémentaires sont exigées pour éviter les erreurs de conception (voir la section « Caractéristiques de sécurité des sous-systèmes » → 3-16).

Technologie	ISO 13849-1	CEI 62061
Hydraulique	Applicable	Non applicable
Pneumatique	Applicable	Non applicable
Mécanique	Applicable	Non applicable
Électrique	Applicable	Applicable
Électronique	Applicable	Applicable
Électronique programmable	Applicable	Applicable

<sup>1)</sup> pour des séjours > 10 min

# Résumé: définir le niveau de sécurité exigé

#### Généralités

- Il faut définir le niveau de sécurité requis pour chaque fonction de sécurité.
- Les paramètres « gravité des possibles blessures », « fréquence et durée de l'exposition au danger » et « possibilité d'éviter le danger » déterminent le niveau de sécurité nécessaire.

# Normes applicables

- La norme ISO 13849-1 utilise un graphe (arborescence des risques) pour déterminer le niveau de sécurité requis. Le résultat du processus est un « niveau de performance requis » (PLr = required Performance Level).
- La norme ISO 13849-1 s'applique également aux domaines hydraulique, pneumatique et mécanique.
- La norme CEI 62061 applique un processus numérique. Le résultat du calcul est un niveau d'intégrité de sécurité (SIL = Safety Integrity Level).

# Étape 3c : concevoir la fonction de sécurité

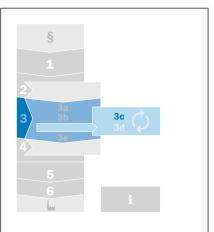
Les étapes 3c et 3d décrivent l'élaboration et la vérification des fonctions de sécurité par le choix de la technologie adaptée, des moyens de protection et des composants adéquats. Dans certaines circonstances, ces étapes sont à répéter plusieurs fois dans le cadre d'un processus itératif.

Pour cela, vous devez toujours vérifier si la technologie choisie assure une sécurité suffisante et est réalisable techniquement, ou si l'utilisation d'une technologie donnée génère des risques différents ou supplémentaires.

# Élaboration d'une stratégie de sécurité

Une machine ou installation se compose de divers éléments qui interagissent et assurent son fonctionnement. Les composants purement opérationnels sont à distinguer de ceux qui endossent des fonctions de sécurité.

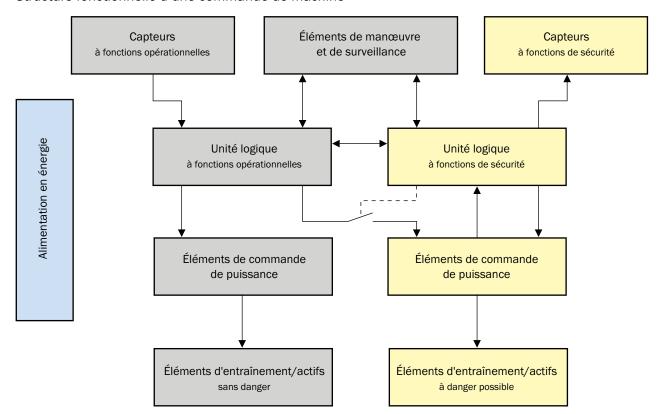
→ Détails sur la stratégie de sécurité : rapport BGIA 2/2008, « Funktionale Sicherheit von Maschinensteuerungen » (Sécurité fonctionnelle des commandes de machines) sous www.dguv.de/ifa/de/pub



# Dans ce chapitre...

Élaboration d'une stratégie de sécurité3-13
Structure fonctionnelle d'une commande de machine
Technologie, sélection et application des moyens de protection 3-19
Positionnement/Dimensionnement des dispositifs de protection 3-47
Réarmement et redémarrage 3-65
Intégration dans le système de commande
Commandes fluidiques3-78
Systèmes pneumatiques de sécurité3-80
Présentation de la gamme Sécurité
Résumé

## Structure fonctionnelle d'une commande de machine

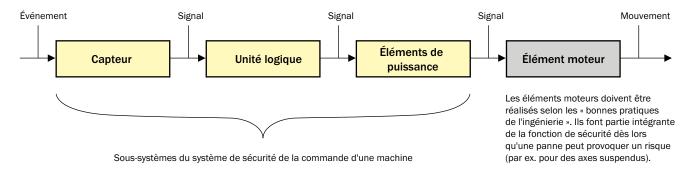


Les parties des systèmes de commande relatives à la sécurité sont à choisir selon les fonctions de sécurité et le niveau de sécurité requis : capteurs, unités logiques, éléments de puissance ainsi qu'éléments d'entraînement/actifs. Ce choix s'effectue en général à partir d'une stratégie de sécurité.

Une fonction de sécurité peut être réalisée avec un ou plusieurs composants de sécurité. À l'inverse, plusieurs fonctions de sécurité peuvent se partager un ou plusieurs composants. Les systèmes de commandes doivent être conçus de manière à éviter les situations dangereuses. La mise en marche d'une machine ne doit être possible que par une action volontaire sur un dispositif de commande prévu à cet effet.

Lorsque le redémarrage d'une machine entraîne un danger, ce redémarrage doit être techniquement impossible lors de la mise sous tension d'alimentation. Lorsque le redémarrage n'entraîne aucun danger, il peut être effectué sans intervention de l'opérateur (automatiquement).

# Sous-systèmes du système de sécurité de la commande d'une machine



# Caractéristiques décisives

Les caractéristiques suivantes sont à prendre en compte lors de l'élaboration de la stratégie de sécurité :

- · Caractéristiques de la machine
- Caractéristiques ambiantes
- · Caractéristiques humaines
- Caractéristiques de conception
- Caractéristiques des dispositifs de protection (→ 3-19)

C'est en fonction de ces caractéristiques qu'il faut décider quels dispositifs de protection intégrer et comment les intégrer.

# Caractéristiques de la machine

Caractéristiques de la machine à prendre en compte :

- capacité à stopper le mouvement dangereux à tout moment (si c'est impossible, utiliser des protecteurs ou des déflecteurs)
- capacité à stopper le mouvement dangereux sans risque supplémentaire (si c'est impossible, choisir une autre conception/un autre moyen de protection)
- possibilité de danger causé par des pièces éjectées (si oui, utiliser des protecteurs)
- temps d'arrêt (la connaissance des temps d'arrêt est obligatoire pour assurer l'efficacité des dispositifs de protection)
- possibilité de surveillance de temps/course d'arrêt (obligatoire lorsque l'âge/l'usure peuvent entraîner des modifications)

# Caractéristiques ambiantes

Caractéristiques ambiantes à prendre en compte :

- perturbations/rayonnements électromagnétiques
- · vibrations/chocs
- lumières parasites, lumières perturbantes provenant de capteurs, postes de soudure
- surfaces réfléchissantes
- encrassement (brouillard, copeaux)
- Plage de température
- humidité/intempéries

## Caractéristiques humaines

Caractéristiques humaines à prendre en compte :

- qualification prévue de l'opérateur de la machine
- présence prévisible de personnes
- vitesse d'approche (K)
- possibilités de contourner les dispositifs de protection
- Mauvaise utilisation prévisible

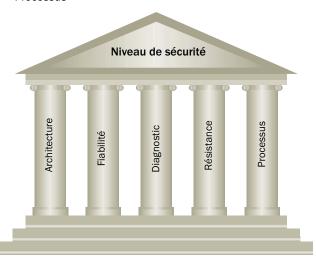
## Caractéristiques de conception

En principe, il est conseillé de réaliser les fonctions de sécurité avec des composants de sécurité certifiés. Cela simplifie le processus de conception et la vérification ultérieure. Une fonction de sécurité est réalisée par plusieurs sous-systèmes. Souvent, il n'est pas possible de réaliser un sous-système uniquement à l'aide de composants de sécurité certifiés qui assurent d'ores et déjà le niveau de sécurité (niveau de performance PL / niveau d'intégrité de sécurité SIL). Il faut alors plutôt le composer à partir de plusieurs éléments. Dans ce cas, le niveau de sécurité dépend de plusieurs valeurs de référence.

# Caractéristiques de sécurité des sous-systèmes

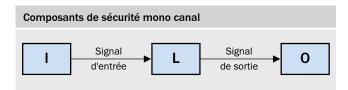
Le niveau de sécurité d'un sous-système dépend de plusieurs caractéristiques techniques, par exemple :

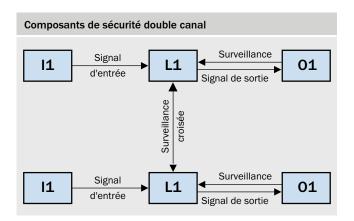
- Architecture
- Fiabilité des composants/appareils
- · Diagnostic de détection des défauts
- Résistance aux défaillances de cause commune
- Processus



#### Architecture

Pour réduire la probabilité de défaillance d'un composant de sécurité par une meilleure structure, les fonctions de sécurité peuvent être réalisées en parallèle par plusieurs canaux. Dans le domaine de la sécurité des machines, les composants de sécurité double canal sont fréquents (voir illustration suivante). Chaque canal peut stopper la situation dangereuse. Les deux canaux peuvent également être conçus de manière différenciée (un canal est par exemple constitué de composants électromécaniques, l'autre est purement électronique). À la place d'un second canal identique, celui-ci peut assurer une fonction de surveillance pure.

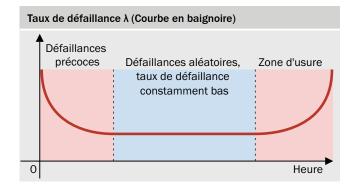




## Fiabilité des composants/appareils

Toute défaillance des composants de sécurité entraîne une perturbation du processus de production. C'est pourquoi il est important d'utiliser des composants fiables. Plus la fiabilité est élevée, plus la probabilité d'une défaillance dangereuse est faible. Les données de fiabilité sont un indicateur d'éventuelles défaillances aléatoires au cours de la durée de vie de la machine et sont généralement exprimées comme suit :

- Pour les composants électromécaniques ou pneumatiques : valeurs B<sub>10</sub>. La durée de vie dépend ici de la fréquence de commutation. La valeur B<sub>10</sub> indique le nombre de cycles de commutation au bout duquel 10 % des composants auront subi une défaillance.
- Pour les composants électroniques : taux de défaillance λ
   (lambda). Le taux de défaillance est fréquemment exprimé
   en FIT (Failures in Time), où un FIT représente une défaillance toutes les 10<sup>9</sup> heures.



## Diagnostic de détection des défauts

Certains défauts peuvent être détectés par des mesures de diagnostic. En font partie la surveillance mutuelle, la surveillance de tension et d'intensité, les fonctionnalités « watchdog », les tests rapides de fonctionnement, etc.

Tous les défauts ne sont pas détectables, c'est pourquoi il faut déterminer la portée de la détection des défauts. Pour cela, il est possible de réaliser une analyse des défauts (AMDE = Analyse des modes de défaillance et de leurs effets). Pour les conceptions complexes, les mesures et valeurs empiriques tirées des normes peuvent être utiles.

#### Résistance aux défaillances de cause commune

On parle de défaillance de cause commune par exemple lorsqu'une perturbation cause un dysfonctionnement simultané des deux canaux.

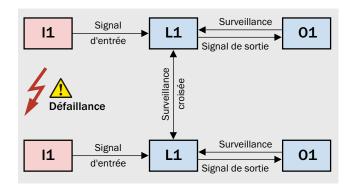
Des mesures adéquates doivent être prises pour éviter ces défaillances, par ex. des passages de câbles séparés, des câblages de protection, des composants diversifiés, etc.

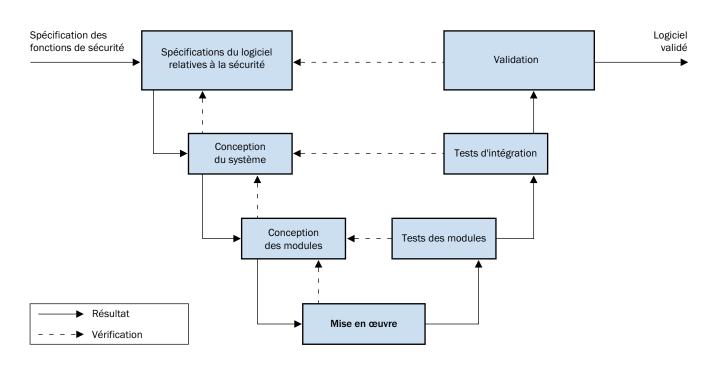
#### **Processus**

La notion de processus englobe différents éléments significatifs :

- organisation et compétence
- règles de conception (par ex. conditions de spécification, directives de codage)
- principe et critères de contrôle
- documentation et gestion de la configuration

Dans le domaine de la sécurité, le modèle en V a fait ses preuves, en particulier pour la conception logicielle (voir illustration).

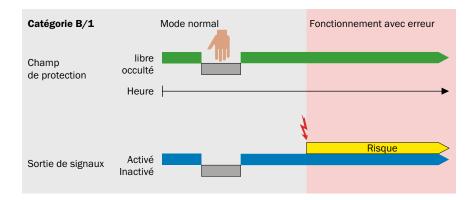




#### Considération selon la norme ISO 13849-1\*

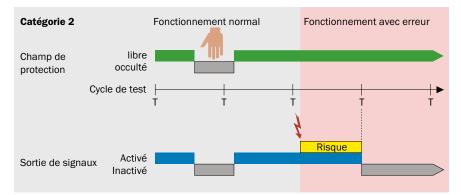
La structure est décrite dans la norme ISO 13849-1 par les catégories présentées ci-après.

 Remarque: une fonction de sécurité est définie comme une fonction dont la défaillance entraîne une augmentation immédiate du risque.
 La perte de la fonction de sécurité doit donc être considérée comme une occurrence ou une augmentation du risque.



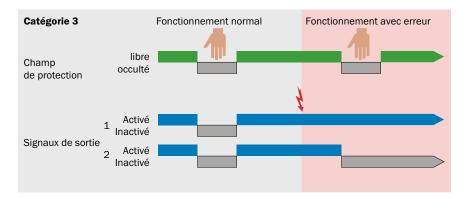
## Catégorie B/Catégorie 1

Pas de détection des défauts. Une défaillance entraîne un risque. Avec des composants fiables et éprouvés (catégorie 1), le risque peut être réduit.



## Catégorie 2

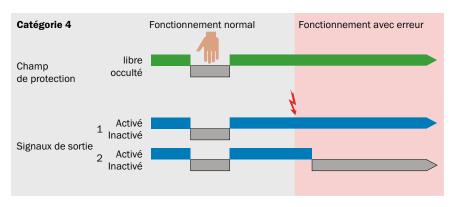
La détection des défauts s'effectue par un test. Entre la défaillance et le prochain test, il existe un risque. Il convient de respecter la fréquence de test prescrite par la norme ISO 13849-1.



## Catégorie 3

En cas de défaut, la fonction de sécurité est maintenue.

Le défaut est détecté soit lorsque la fonction de sécurité est exécutée, soit au prochain test. Une accumulation de défauts entraîne la perte de la fonction de sécurité.



# Catégorie 4

Malgré le défaut, la fonction de sécurité est maintenue.

Contrairement à la catégorie 3, les défauts suivants survenant en cas de non-détection du premier défaut ne doivent pas entraîner la perte de la fonction de sécurité.

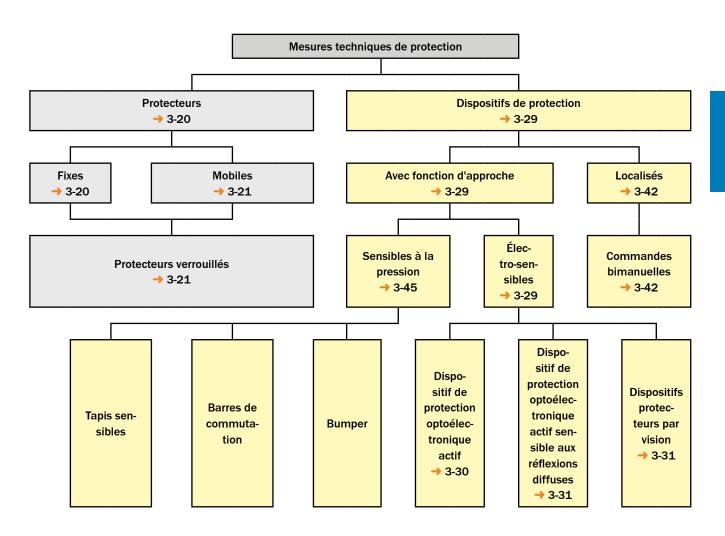
# Caractéristiques des dispositifs de protection

Caractéristiques des moyens de protection à prendre en compte :

- qualités et applications des moyens de protection (sans contact, physiques, etc.) (→ 3-19 sqq.)
- position/dimension des moyens de protection (→ 3-47)
- Intégration dans le système de commande (→ 3-66)

Les sections suivantes décrivent ces éléments en détail.

# Technologie, sélection et application des moyens de protection



#### **Protecteurs**

Les protecteurs sont des moyens de protection mécaniques qui empêchent ou évitent un accès direct aux points dangereux par les parties du corps. Ils peuvent être fixes ou mobiles. Ce sont par exemple des couvercles, clôtures, barrières, capots, portes de protection, etc. Les couvercles et capots empêchent l'accès de tous côtés. Les grilles de protection sont généralement utilisées pour empêcher l'accès des personnes. À l'inverse, les barrières servent simplement à éviter l'accès involontaire/inconscient aux points dangereux.

La fonction de sécurité est importante pour la définition des protecteurs. Par exemple, le protecteur doit-il seulement empêcher l'accès, et/ou doit-il retenir des pièces/matériaux et rayonnements ?

## Exemples de matériaux éjectés :

- rupture/éclatement d'outils (meules, forets)
- émissions de matériaux (poussière, copeaux, éclats, particules)
- projections de matériaux (huile hydraulique, air comprimé, lubrifiants, matériaux transformés)
- pièces éjectées suite à la défaillance d'un système de préhension ou de manutention

## Exemples de rayonnements :

- émission de chaleur du processus ou des produits (surfaces chaudes)
- · rayonnement optique des faisceaux laser, IR ou UV
- émission de particules ou d'ions
- · champs magnétiques forts, dispositifs haute fréquence
- haute tension des systèmes de contrôle ou des systèmes de dérivation des charges électrostatiques (papier et lignes de plastique)

Pour retenir des matériaux ou des rayonnements, les protecteurs doivent généralement répondre à des exigences mécaniques plus importantes que pour seulement empêcher l'accès des personnes.

Un protecteur peut rester endommagé (rupture ou déformation) dans les cas où l'appréciation des risques a démontré que cela n'entraîne aucun danger supplémentaire.

## Exigences de base à respecter par les protecteurs

- Pour que les moyens de protection répondent aux sollicitations ambiantes prévisibles en fonctionnement, ils doivent être suffisamment solides et résistants. Les caractéristiques des protecteurs doivent être maintenues pendant toute la durée d'utilisation des machines.
- Les moyens de protection ne doivent causer aucun risque supplémentaire.
- Il ne doit pas être possible de les contourner ou de les rendre inefficaces facilement.
- Ils ne doivent pas entraver la surveillance du processus de travail plus que nécessaire lorsque cette surveillance est obligatoire.
- Ils doivent être solidement maintenus en place.
- Ils doivent être soit maintenus par des systèmes impossibles à ouvrir sans outils, soit verrouillés par le mouvement dangereux de la machine.
- Dans la mesure du possible, ils ne doivent pas pouvoir rester en position de protection lorsque leur système de fixation est détaché.

→ Protecteurs : ISO 14120

→ Principes de conception sûre des machines : ISO 12100 (Norme A)

#### Fixation des protecteurs

Les protecteurs qui ne sont retirés ou bien ouverts que rarement ou pour les travaux de maintenance doivent en principe être reliés au châssis de la machine de telle manière qu'il soit impossible de les démonter sans outil (par ex. clé plate, clé à panneton). Leur démontage doit impliquer une procédure de montage nécessitant des outils.

Les éléments de fixation des protecteurs qui sont régulièrement démontés ou retirés doivent être conçus de manière à ne pas pouvoir se perdre (par ex. vis imperdables).

D'autres modes de fixation comme les serrages rapides, les vis à poignée, vis moletées et vis papillon ne sont autorisés que si les protecteurs sont verrouillés.

# Exemple : modes de fixation des protecteurs Autorisé

#### Protecteurs mobiles

Les protecteurs mobiles qui sont ouverts fréquemment ou régulièrement (par ex. pour les travaux de réglage) sans outils doivent être couplés fonctionnellement au mouvement dangereux (verrouillage, interverrouillage). On parle d'ouverture « fréquente » par ex. lorsque le protecteur doit être ouvert au moins une fois par poste.

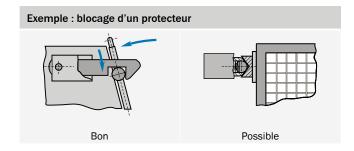
Si l'ouverture des protecteurs est susceptible de générer des risques (par ex. course d'arrêt très longue), des dispositifs à interverrouillage sont nécessaires.

Exigences ergonomiques envers les protecteurs mobiles
La conception des protecteurs doit également prendre en
compte l'aspect ergonomique. Les protecteurs ne sont acceptés par le personnel que lorsqu'ils n'entravent pas plus que
nécessaire les travaux de maintenance et réparation ou autres
tâches similaires. Les protecteurs mobiles doivent respecter les
critères ergonomiques suivants:

- ouverture et fermeture, levage ou déplacement faciles (par ex. d'une seule main)
- prise en main fonctionnelle
- les protecteurs ouverts doivent permettre l'accès nécessaire de manière confortable.

## Blocage mécanique des protecteurs mobiles

Lorsque c'est réalisable, les protecteurs mobiles doivent rester reliés à la machine de telle sorte que des charnières, des guides, etc. les maintiennent en position ouverte en toute sécurité. Les systèmes à verrouillage de forme seront privilégiés. Les systèmes à friction (par ex. calotte sphérique) ne sont pas recommandés en raison de leur efficacité décroissante (usure).



# Verrouillage des protecteurs

Les protecteurs doivent être verrouillés lorsque :

- ils sont actionnés de manière cyclique ou régulièrement ouverts (portes, capots)
- ils peuvent être retirés facilement ou sans outil (par ex. les couvercles)
- ils protègent contre un important potentiel de danger

Le verrouillage signifie qu'à l'ouverture du dispositif de protection, un signal électrique est activé pour mettre fin au mouvement dangereux. Les protecteurs sont habituellement verrouillés électriquement par des interrupteurs de position.

Le verrouillage d'un protecteur doit remplir les fonctions suivantes :

- la fonction dangereuse de la machine ne peut pas être exécutée si le protecteur est ouvert (absent) (empêcher le démarrage).
- la fonction dangereuse de la machine est stoppée si le protecteur est ouvert (retiré) (déclenchement de l'arrêt).

La norme ISO 14119, dans laquelle sont décrites les exigences envers les dispositifs de verrouillage associés à des protecteurs, est en cours de révision.

La section suivante traite du contenu de la révision.

# Les dispositifs de verrouillage sont classés en quatre types de construction :

Désignation	Actionr	nement	Actionneur		Produit SICK	
	Principe	Exemple	Principe Exemples		Exemple	
Type 1	Mécanique	Contact phy- sique, force, pression	Non codé	Came en rotation	i10P	
				Came linéaire	i10R	
				Charnière	i10H	
Type 2				Codé	Actionneur façonné	i16S
				Clé	-	
	Sans contact	Inductif	Non codé	Matières ferromagnétiques appropriées	IN4000	
		Magnétique		Aimant, électro-aimant	MM12 1)	
Type 3		Capacitif		Tout objet approprié	CM18 1)	
		Ultrasons		Tout objet approprié	UM12 1)	
		Optique		Tout objet approprié	WT 12 <sup>1)</sup>	
Type de construction 4		Magnétique	Codé	Aimant codé	RE11	
		RFID		Transpondeur RFID codé	TR4 Direct	
		Optique		Actionneur optique codé	_	

<sup>1)</sup> Ces capteurs ne sont pas conçus pour des applications de sécurité. Lors d'une utilisation dans des dispositifs de verrouillage, le constructeur doit tenir compte très consciencieusement de possibles défaillances systématiques et de cause commune ; il doit par conséquent prendre les mesures supplémentaires appropriées.

Les dispositifs de verrouillage de type 3 ne doivent être utilisés que lorsque l'appréciation des risques a démontré qu'aucune manipulation n'est prévisible ou que des mesures supplémentaires empêchent suffisamment une telle manipulation.

# Interrupteurs de sécurité, interrupteurs de position, dispositifs de verrouillage

Le terme très répandu d'« interrupteur de sécurité » n'est pas utilisé dans les normes, la diversité des technologies et types de capteurs appropriés pour concevoir des dispositifs de verrouillage rendant impossible la fixation d'exigences communes. Quelle que soit la technologie appliquée (mécanique, électrique, pneumatique, hydraulique), les définitions suivantes sont valables :

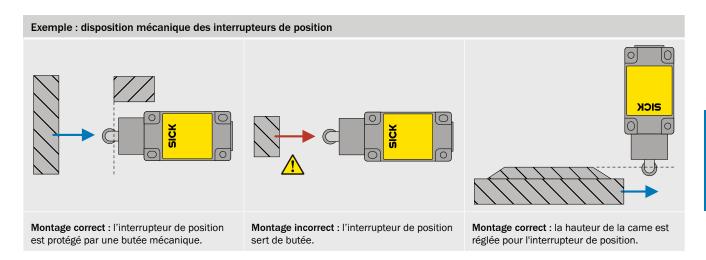
- Un dispositif de verrouillage se compose d'un actionneur et d'un interrupteur de position.
- Un interrupteur de position se compose d'un élément d'actionnement et d'un élément de signal de sortie.

En fonction de la technologie de l'interrupteur de position utilisé et des exigences en matière de sécurité fonctionnelle, un ou plusieurs dispositifs de verrouillage sont nécessaires pour un protecteur.

## Disposition et fixation mécanique

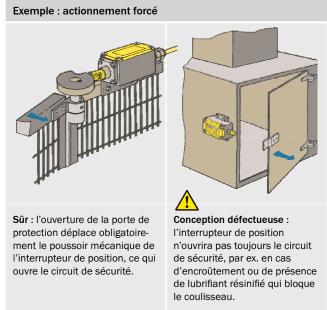
Une disposition mécanique fiable des interrupteurs de position et des actionneurs est primordiale pour leur efficacité. Les éléments des dispositifs de verrouillage :

- doivent être disposés de manière à être protégés des dommages causés par des influences externes prévisibles.
- ne peuvent pas être utilisés comme butées mécaniques.
- doivent être disposés et réalisés de manière à éviter tout actionnement involontaire et tout dommage.
- doivent être disposés, réalisés et fixés de manière à éviter toute modification involontaire de leur position. Si nécessaire, l'interrupteur et l'élément d'actionnement peuvent être protégés par une fixation à verrouillage de forme, par ex. trous ronds, goupilles, butées.
- doivent être sécurisés dans leur mode d'actionnement ou leur intégration dans le système de commande, afin d'être impossibles à contourner simplement.
- doivent permettre la vérification de leur bon fonctionnement et, si possible, être facilement accessibles pour les contrôles.



# Type d'actionnement/actionnement forcé

Une exigence importante envers les dispositifs de verrouillage mécanique est l'actionnement forcé. Dans ce cas, les pièces mécaniques mobiles du verrouillage (interrupteurs de sécurité) sont forcément entraînées par les pièces mécaniques du protecteur (par ex. porte de protection), soit par contact direct, soit par l'intermédiaire de pièces rigides. L'utilisation de l'actionnement forcé dans un dispositif de verrouillage assure l'actionnement de l'interrupteur de position lorsqu'un protecteur est ouvert et limite les possibilités de manipulation.



Source: BG Feinmechanik und Elektrotechnik, BGI 575

#### Ouverture forcée

Un élément de contact est dit guidé lorsque les contacts de commutation sont séparés directement par un mouvement défini de l'élément d'actionnement entraîné par des éléments non élastiques (par ex. des ressorts). L'utilisation de contacts guidés NF dans les interrupteurs de position actionnés mécaniquement assure une coupure du circuit électrique même si les contacts collent ou en cas d'autres défaillances électriques. Autres remarques à prendre en compte concernant les interrupteurs de position mécaniques avec ouverture forcée :

- La course d'actionnement doit être configurée en fonction de la course d'ouverture forcée indiquée par le fabricant.
- La course minimale du poussoir indiquée par le fabricant doit être respectée pour que la distance d'isolement entre contacts ouverts nécessaire pour l'ouverture forcée soit garantie.



Identification des contacts à manœuvre positive d'ouverture selon la norme CEI 60947-5-1, Annexe K

L'utilisation de deux sorties électroniques à surveillance redondante dans les interrupteurs de position sans contact est considérée comme similaire à l'ouverture forcée. Si un dispositif de verrouillage de type de type 3 ou 4 constitue le seul dispositif de verrouillage d'un protecteur, il doit répondre aux exigences de la norme CEI 60947-5-3.

#### Protection contre les manipulations

Lors de la conception des dispositifs de verrouillage, le constructeur doit prendre en compte la possible motivation à manipuler et la manipulation prévisible du dispositif de protection.

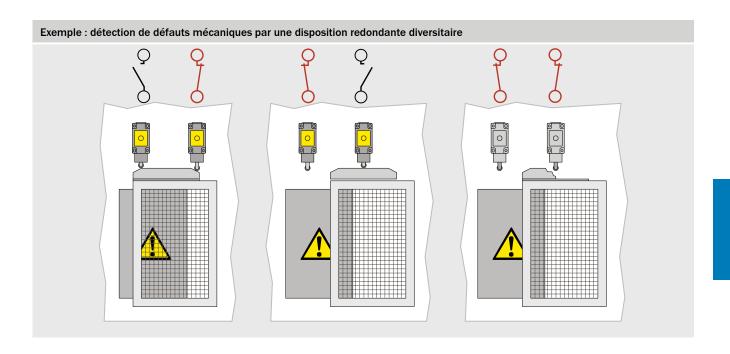
Il est nécessaire d'appliquer des mesures contre une manipulation exécutée avec des moyens simples tels que par exemple des vis, des clous, des morceaux de tôle, des pièces de monnaie ou des câbles courbés. Voici des mesures possibles destinées à empêcher une manipulation simple des dispositifs de verrouillage :

- compliquer l'accès aux dispositifs de verrouillage en couvrant l'assemblage ou en le plaçant hors de portée
- utiliser des interrupteurs de position avec des actionneurs codés
- fixer les éléments des dispositifs de verrouillage avec des fixations à usage unique (par ex. des vis de sécurité ou des rivets)
- surveillance de manipulation dans le système de commande (contrôle de vraisemblance, test)

#### **Exécution redondante**

Une manipulation, un défaut mécanique de l'actionneur ou de l'interrupteur de position (ex. : vieillissement) ou l'influence de facteurs ambiants extrêmes (ex. : encrassement des poussoirs à galets par les poussières de farine) peut provoquer une défaillance critique d'un seul interrupteur de sécurité. Il est nécessaire, en particulier à un niveau de sécurité élevé, d'ac-

compagner l'interrupteur de sécurité d'un autre interrupteur de position, par ex. avec une fonction contraire, et de surveiller les deux interrupteurs au niveau du système de commande. Exemple : une machine à injecter dont les portes avant de protection sont ouvertes de manière cyclique. L'utilisation de deux interrupteurs mécaniques est recommandée.



## Interverrouillages

Les interverrouillages sont des dispositifs qui empêchent l'ouverture des protecteurs. Ces systèmes sont nécessaires si le temps d'arrêt du mouvement dangereux est plus long que le temps qu'une personne met à atteindre la zone dangereuse (fonction de sécurité « Empêcher temporairement l'accès »). Un dispositif à interverrouillage doit empêcher l'accès aux

zones dangereuses jusqu'à ce que la situation dangereuse soit supprimée. Les interverrouillages sont également nécessaires si le processus ne doit pas être interrompu (protection des personnes seulement, pas de fonction de sécurité). L'illustration suivante présente les conceptions possibles de systèmes à interverrouillage.

	Forme			Force
Principe		4	4	4
				4
Fonctionnement	À ressort, déverrouillage électrique	Électrique, déverrouillage par ressort	Électrique, déverrouillage électrique	Électrique, déverrouillage électrique
Dénomination	Interverrouillage mécanique (privilégié pour la protection des personnes)	Interverrouillage électrique (privilégié pour la protection du processus)	Interverrouillage pneumatique/ hydraulique	Interverrouillage magnétique

Le déverrouillage par apport d'énergie peut être :

- temporisé : si un temporisateur est utilisé, une défaillance de ce dispositif ne doit pas diminuer la temporisation.
- automatique: uniquement en l'absence d'état dangereux de la machine (par ex. au moyen d'une surveillance d'arrêt).
- manuel : la durée entre le déverrouillage et la libération du protecteur doit être supérieure au temps d'arrêt de l'état dangereux de la machine.

# Intégration mécanique et électrique des interverrouillages

Pour les dispositifs à interverrouillage, les mêmes règles s'appliquent généralement qu'aux interrupteurs de sécurité. Par rapport au principe de l'ouverture forcée, veillez à noter quels contacts sont guidés. Les contacts de signalisation de porte indiquent si l'actionneur a été retiré, c'est-à-dire si la porte est ouverte. Ils peuvent être guidés, même si ce n'est pas obligatoire.

# Déverrouillage auxiliaire et d'urgence

L'appréciation des risques peut révéler qu'en cas de défaut ou d'urgence, des mesures sont nécessaires pour libérer une personne de la zone dangereuse. On distingue les concepts de déverrouillage auxiliaire (avec outil) et de déverrouillage d'urgence (sans outil).

# Force de verrouillage nécessaire

Un critère important pour le choix du dispositif à interverrouillage est la force nécessaire pour maintenir le protecteur fermé. L'annexe I du projet de norme ISO 14119 (2013) indique les forces statiques maximales supposées pour les protecteurs mobiles les plus utilisés.

# Force de verrouillage nécessaire pour les protecteurs selon l'annexe I de la norme ISO 14119 (2013)

Direction (	de la force	Posture	Application de la force	Force [N]
	traction horizontale	assis	à une main	600
	verticale vers le haut	debout, torse et jambes fléchis, pieds parallèles	à deux mains prises horizontales	1.400
F	verticale vers le haut	debout, sans soutien	à une main prises horizontales	1.200
F	horizontale, traction vers l'arrière perpendi- culaire au torse	debout, pieds parallèles ou un pied devant l'autre	à deux mains prises verticales	1.100
F	horizontale, poussée vers l'avant perpendicu- laire au torse	debout, pieds parallèles ou un pied devant l'autre	à deux mains prises verticales	1.300
F	horizontale, poussée parallèle au torse	debout, torse courbé latéralement	les épaules poussent la plaque de métal	1.300
	horizontale, poussée parallèle au torse	debout, pieds parallèles	à une main prise verticale	700

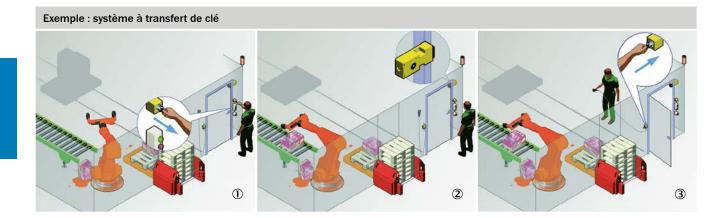
## Systèmes à transfert de clé

Les protecteurs ont pour inconvénient de ne pas pouvoir empêcher efficacement le redémarrage en cas d'entrée dans la zone dangereuse suivie d'une fermeture du dispositif de protection. Des mesures supplémentaires sont nécessaires, comme un dispositif de réarmement ou l'accrochage d'un cadenas dans l'actionneur d'un dispositif de verrouillage de type 2. Ces mesures d'organisation sont toutefois dépendantes de la volonté et de l'attention de l'opérateur.

Les systèmes à transfert de clé offrent la possibilité d'empêcher totalement un démarrage. Pour activer certaines fonctions ou modes de fonctionnement, il est nécessaire d'utiliser des clés qui sont bloquées en une certaine position dans l'interrupteur à clé. Lorsque la clé est retirée (illustration ①), une signal d'arrêt est généré et la situation dangereuse est stoppée.

Lorsque la machine est dans un état sûr (par ex. à l'arrêt), la porte peut être ouverte (illustration ②). À l'intérieur de la zone dangereuse, la clé enfoncée dans une serrure permet d'activer les modes de fonctionnement « réglage » (illustration ③) et « mouvements dangereux » (faire pivoter le robot sur le côté) au moyen du bouton de validation. Le mode automatique est

bloqué pendant ce temps là.



# Équipements de protection électro-sensibles (ESPE)

Au contraire des « protecteurs », les équipements de protection électro-sensibles (ESPE) n'assurent pas la sécurité au moyen d'une séparation physique entre la personne exposée au danger et le danger mais à l'aide d'une séparation temporelle. Tant qu'une personne se trouve dans une zone définie, aucune fonction dangereuse ne sera enclenchée dans celle-ci. Lorsque de telles fonctions sont en cours d'exécution, elles doivent être stoppées. L'arrêt prend un certain temps nommé « temps d'arrêt complet ».

L'ESPE doit détecter à temps qu'une personne approche ladite zone dangereuse et, selon l'application, également la présence de la personne dans la zone dangereuse.

La norme internationale CEI 61496-1 spécifie les exigences en matière de sécurité relatives aux ESPE indépendamment de leur technologie ou de leur principe de fonctionnement.

# Quels avantages présente un équipement de protection électro-sensible ?

Si un opérateur doit fréquemment ou régulièrement intervenir dans une machine et est alors exposé à un danger, il est conseillé d'utiliser plutôt un ESPE qu'un protecteur (mécanique) (couvercles, clôtures de protection, etc.) car :

- cela réduit le temps d'accès (l'opérateur n'est pas obligé d'attendre l'ouverture du moyen de protection)
- cela augmente la productivité (gain de temps pour alimenter la machine)
- cela améliore l'ergonomie du poste de travail (l'opérateur n'est pas obligé d'actionner le protecteur)

En outre, les tierces personnes sont protégées de la même manière que les opérateurs.

# Contre quels dangers les équipements de protection électro-sensibles ne protègent-ils pas ?

Les équipements de protection électro-sensibles ne constituant pas une barrière physique, ils ne peuvent pas protéger les personnes contre les émissions telles que des éjections de pièces mécaniques, pièces à usiner ou copeaux, les rayonnements ionisants, la chaleur (rayonnement thermique), le bruit, les projections de fluides réfrigérants et de lubrifiants. Il est également impossible d'utiliser des ESPE sur des machines dont la durée de temps d'arrêt complet est si longue qu'elle nécessite des distances minimales non réalisables.

Dans de tels cas, il est nécessaire de recourir à des protecteurs.

## Technologies des ESPE

Les équipements de protection électro-sensibles peuvent détecter des personnes selon différents principes : optique, capacitif, capteur à ultrasons, micro-ondes et détection passive à infrarouge.

Les dispositifs de protection optiques ont fait leurs preuves en grande quantité et dans la pratique depuis de nombreuses années (voir illustration).

## Dispositifs de protection optoélectroniques

Les équipements de protection électro-sensibles les plus répandus sont les dispositifs optoélectroniques, comme

- les barrages immatériels et barrières immatérielles de sécurité (AOPD : active opto-electronic protective devices)
- les scrutateurs laser de sécurité (AOPDDR : active opto-electronic protective devices responsive to diffuse reflection)
- les dispositifs de protection par vision (VBPD : vision based protective devices)



Exemples de dispositifs de protection optoélectroniques

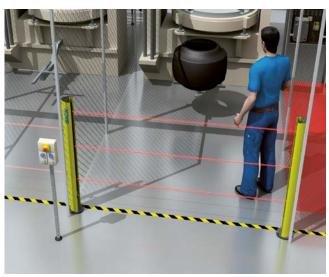
Un dispositif de protection optoélectronique peut être utilisé lorsque l'opérateur n'est exposé à aucun danger de blessure due à l'éjection de pièces (par ex. par une projection de matériau fondu).

# Barrages immatériels et barrières immatérielles de sécurité (AOPD)

Les AOPD sont des dispositifs de protection qui détectent les personnes dans un plan bidimensionnel définit au moyen d'un émetteur et d'un récepteur optoélectroniques. Une série de faisceaux optiques parallèles (en général des rayons infrarouges) envoyés par l'émetteur au récepteur, constitue un champ de protection qui sécurise la zone dangereuse. L'interruption d'un ou plusieurs faisceaux par un objet opaque entraîne la détection de ce dernier. Le récepteur convertit ainsi l'interruption du ou des faisceau(x) par un changement de signal (état INACTIF) sur ses sorties de commutation (OSSD). Les signaux des sorties OSSD sont utilisés pour faire cesser l'état dangereux de la machine.

Les exigences de sécurité envers les AOPD sont contenues dans la norme internationale CEI 61496-2.

Les barrières immatérielles de sécurité monofaisceau ou multifaisceaux et les barrages immatériels de sécurité sont des AOPD typiques. Les AOPD dont la capacité de détection est supérieure à 40 mm sont appelés barrières immatérielles de sécurité multifaisceaux. Ils sont utilisés pour sécuriser l'accès à des zones dangereuses (voir illustration).



Contrôle d'accès avec barrière immatérielle de sécurité multifaisceaux

Les AOPD ayant une capacité de détection de 40 mm ou moins sont appelés rideaux lumineux de sécurité ou barrages immatériels de sécurité et servent à sécuriser directement des points dangereux (voir illustration).



Sécurisation de point dangereux avec barrage immatériel de sécurité En général, tous les faisceaux optiques des barrages immatériels et des barrières immatérielles de sécurité multifaisceaux ne sont pas activés en même temps ; ils sont allumés puis éteints rapidement l'un après l'autre. Ceci augmente la résistance aux perturbations provoquées par d'autres sources lumières et donc leur fiabilité. La synchronisation entre l'émetteur et le récepteur des AOPD modernes s'effectue automatiquement par voie optique.

L'utilisation de microprocesseurs permet d'analyser chaque faisceau individuellement. Grâce à cela, il est possible de réaliser, outre la fonction de protection pure, d'autres fonctions avec l'ESPE (→ 3-40).

# Scrutateurs laser de sécurité (dispositif de protection optoélectronique actif sensible aux réflexions diffuses AOPDDR)

Les AOPDDR sont des dispositifs de protection optoélectronique constitués d'éléments émetteur et récepteur et qui détectent la réflexion du rayonnement optique généré par le dispositif de protection. Cette réflexion est émise par un objet présent dans une zone bidimensionnelle définie.

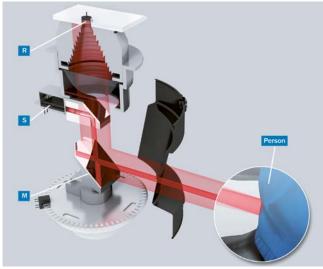
La détection est signalisée par une changement de signal (état INACTIF) sur ses sorties de commutation (OSSD).

Les signaux des sorties OSSD sont utilisés pour faire cesser l'état dangereux de la machine.

Le scrutateur laser de sécurité est un capteur optique qui analyse son environnement au moyens de faisceaux infrarouges dans un plan et surveille ainsi une zone dangereuse près d'une machine ou d'un véhicule.

Il fonctionne selon le principe de la mesure du temps de vol de la lumière (voir illustration à la page suivante). Le scrutateur émet alors de très brèves impulsions lumineuses (S). Un « chronomètre électronique » est déclenché simultanément. Si la lumière touche un objet, elle est réfléchie puis détectée par le scrutateur (R). Au moyen du temps écoulé entre l'émission et la réception de l'écho, le scrutateur calcule à quelle distance se trouve l'objet.

Un miroir tournant à vitesse de rotation uniforme (M) contenu dans le scrutateur permet d'envoyer les impulsions de lumière dans différentes directions de façon à balayer un secteur circulaire. Le scrutateur détermine la position exacte de l'objet par rapport à la distance mesurée et à l'angle de rotation du miroir.



Structure principale d'un scrutateur laser

La zone dans laquelle la détection d'un objet entraîne un déclenchement (champ de protection) peut être programmée par l'opérateur. Les appareils modernes permettent de surveiller plusieurs zones simultanément ou de commuter entre ces zones pendant le fonctionnement. Ceci peut par exemple être utile pour adapter la zone de détection à la vitesse d'un véhicule.

Les scrutateurs laser de sécurité fonctionnent avec des impulsions de lumières émises individuellement avec précision dans des directions bien déterminées ; ils ne couvrent donc pas en continu l'intégralité de la zone à surveiller. Ce principe de fonctionnement permet d'atteindre des résolutions (capacités de détection) se situant entre 30 mm et 150 mm. Grâce à leur principe de mesure active, les scrutateurs laser de sécurité ne nécessitent ni récepteur externe, ni réflecteurs. Les scrutateurs laser de sécurité doivent également pouvoir détecter des objets à réflexion extrêmement faible de manière sûre (par ex. des vêtements de travail noirs). Les exigences de sécurité envers les AOPDDR sont contenues dans la norme internationale CEI 61496-3.

# Dispositifs de protection par vision (VBPD)

Les VBPD sont des dispositifs de protection reposant sur des caméras ; ils utilisent des technologies de capture et de traitement d'images pour détecter les personnes en vue de les protéger (voir illustration).

Actuellement, les sources lumières utilisées sont des sources d'émission spéciales. Il est également possible d'avoir des VBPD qui utilisent la lumière ambiante.

Pour la détection des personnes, plusieurs principes peuvent être appliqués :

- l'interruption de la lumière réfléchie par un rétroréflecteur
- la mesure du temps de vol de la lumière réfléchie par l'objet
- le contrôle de changement d'arrière-plan
- la détection de personnes au moyen de caractéristiques humaines



Dispositifs de protection à caméra

Les exigences de sécurité envers les VBPD seront contenues dans la future série de normes internationales CEI 61496-4.

## Capacité de détection (résolution)

## Dispositifs de protection optoélectroniques

La capacité de détection est définie comme la limite des paramètres du capteur pour laquelle l'équipement de protection électro-sensible (ESPE) réagit.

Concrètement, il s'agit de la taille du plus petit objet que l'ESPE puisse encore détecter dans la zone de détection (champ de protection) définie.

La capacité de détection est spécifée par le fabricant. En général, elle est déterminée par la somme de l'entraxe des faisceaux et du diamètre effectif des faisceaux. Ceci permet d'assurer que les objets de cette taille couvriront toujours un faisceau et seront donc détectés, quelle que soit leur position dans le champ de protection.

Avec les scrutateurs laser de sécurité (AOPDDR), la capacité de détection dépend toujours de l'éloignement de l'objet, de l'angle entre les différents faisceaux (impulsions) ainsi que de la forme et de la taille du rayon transmis.

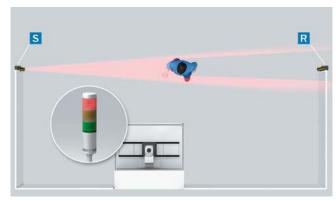
La fiabilité de la capacité de détection est déterminée par une classification par types dans la série de normes CEI 61496. Le Type 3 est défini pour les AOPDDR. Les Types 2 et 4 sont définis pour les AOPD (pour les exigences, voir le tableau). Les exigences envers les sources de perturbations optiques (lumière du soleil, diverses lampes, appareils de même conception, etc.), envers les surfaces réfléchissantes, en cas de mauvais alignement en mode de fonctionnement normal et envers la réflexion diffuse en présence de scrutateurs laser de sécurité jouent un rôle important.

	Type 2	Type 4	
Sécurité fonctionnelle	Entre les intervalles de test, en cas de défaut, il est possible que la fonction de protection soit perdue	Même si plusieurs défauts se produisent, la fonction de protection reste assurée	
CEM (compatibilité électromagnétique)	Exigences de base	Exigences supérieures	
Angle d'ouverture maximale de l'optique	10°	5°	
Distance minimale <b>a</b> par rapport aux surfaces réfléchissantes sur une distance <b>D</b> de < 3 m	262 mm  Surface réfléchissante  Angle d'ouverture Distance minimale a		
Distance minimale <b>a</b> par rapport aux surfaces réfléchissantes sur une distance <b>D</b> de > 3 m	Distance D émetteur-récepteur  = Distance x tan (10°/2)  = Distance x tan (5°/2)		
Plusieurs émetteurs du même type de conception dans une installation	Pas d'exigences spéciales (codage des faisceaux recommandé)	Aucun effet ou les sorties OSSD sont désactivées en cas d'interférence	

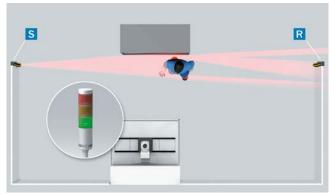
Principales différences entre les AOPD de Type 2 et de Type 4 selon la norme CEI 61496

## Prévention de déviation par réflexion du faisceau d'un AOPD

Avec les AOPD, le faisceau lumineux est focalisé par l'émetteur. L'angle d'ouverture de l'optique est réduit autant que possible afin de permettre un fonctionnement sûr même en cas d'erreur minime d'alignement. Ceci vaut également pour l'angle d'ouverture du récepteur (angle d'ouverture effectif selon la norme CEI 61496-2). Même lorsque l'angle d'ouverture est petit, il est possible que les faisceaux lumineux de l'émetteur soient déviés par des surfaces réfléchissantes, ce qui a pour conséquence qu'un objet n'est pas détecté (voir illustrations).



La personne est détectée avec fiabilité et le mouvement dangereux est arrêté.



La déviation du faisceau par réflexion empêche la protection assurée par l'ESPE et le mouvement dangereux n'est pas stoppé.

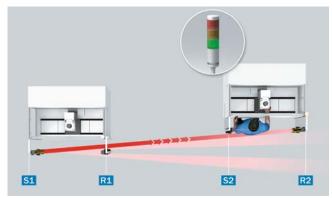
C'est pourquoi l'ensemble des surfaces et objets réfléchissants (par ex. les conteneurs de matériaux, les sols réfléchissants) doivent être à une distance minimale a du champ de protection du système (voir tableau « Principales différences entre les AOPD de Type 2 et de Type 4 selon la norme CEI 61496 »

3-32)

Ladite distance minimale a dépend de la distance D entre l'émetteur et le récepteur (largeur du champ de protection). La distance minimale doit être respectée de tous les côtés orientés vers le champ de protection.

#### Interférence mutuelle entre des AOPD

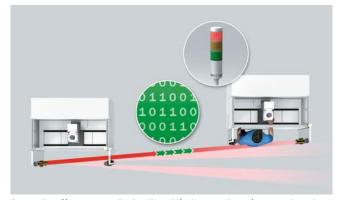
Lorsque plusieurs AOPD fonctionnent à proximité les uns des autres, les faisceaux d'un système (S1) peuvent perturber le récepteur de l'autre système (R2). Le système AOPD ainsi perturbé risque de ne plus assurer sa fonction de protection (voir illustration).



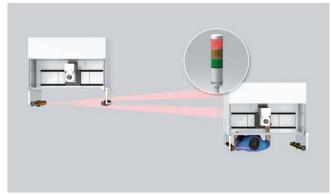
Une interférence mutuelle entrave la fonction de protection assurée par l'ESPE et les mouvements dangereux ne sont pas stoppés.

Il est nécessaire d'éviter de telles situations. Si ce n'est pas possible autrement, il est impératif de prendre des mesures adéquates visant à empêcher cette interférence mutuelle, par ex. en installant des cloisons opaques ou en inversant la direction d'émission d'un système.

Les AOPD de Type 4 doivent disposer soit d'une reconnaissance d'émetteurs étrangers et ainsi, en cas d'interférence, passer à un état sûr (sorties en état INACTIF), soit de mesures techniques capables d'empêcher toute interférence. En général, on utilise un codage des faisceaux de manière à ce que le récepteur ne réagisse qu'aux faisceaux de l'émetteur assigné (ayant le même code) (voir illustrations).



Aucune interférence mutuelle des dispositifs de protection grâce au codage des faisceaux – la personne est détectée avec fiabilité et le mouvement dangereux est stoppé.



Aucune inteférence mutuelle des dispositifs de protection grâce à une disposition appropriée

#### Sélection d'un ESPE adapté

Critères possibles:

- indications des normes harmonisées, en particulier des normes de type C
- place disponible devant la zone dangereuse
- critères ergonomiques, par exemple accès cyclique à la zone de travail
- · capacité de détection

#### Quelle fonction de sécurité l'ESPE doit-il remplir ?

- Déclencher l'arrêt (→ 3-3)
- Empêcher un démarrage intempestif (→ 3-4)
- Empêcher le démarrage (→ 3-4)
- Combinaison : déclencher l'arrêt et empêcher le démarrage
   3-4)
- Permettre le passage des matériaux (→ 3-5)
- Surveiller les paramètres de la machine (→ 3-5)
- Signaux de sécurité et alarmes (→ 3-7)
- Autres fonctions, par ex. mode cadencé, masquage, commutation des champs de protection, etc. (-> 3-40)

#### Niveau de sécurité

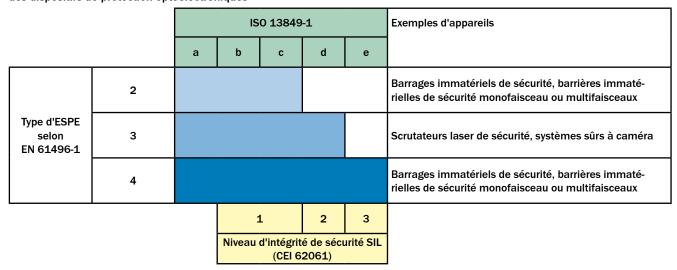
Pour les ESPE, les caractéristiques de sécurité sont prises en compte dans une classification par types (Type 2, Type 3, Type 4).

Outre les aspects structurels, (catégories selon ISO 13849-1), la classification par types impose des exigences à respecter en matière de compatibilité électromagnétique (CEM), de conditions ambiantes et pour le système optique. Le comportement vis-à-vis des sources d'interférence (soleil, lampes, appareils de même conception) ainsi que l'angle d'ouverture de l'optique des barrages immatériels et des barrières immatérielles de sécurité en font partie (les exigences envers un AOPD de Type 4 sont supérieures à celles d'un AOPD de Type 2).

L'angle d'ouverture est décisif pour déterminer la distance minimale par rapport aux surfaces réfléchissantes (Tableau → 3-32).

→ Exigences relatives aux ESPE: CEI 61496-1, CEI 61496-2, CEI 61496-3

# Niveaux de fiabilité accessibles des fonctions de sécurité avec des dispositifs de protection optoélectroniques



Toujours respecter les consignes d'application, informations et indications contenues dans la notice d'instruction des dispositifs de protection optoélectroniques !

# Qu'est-ce que l'ESPE doit détecter ?

# Protection des points dangereux : détection du doigt et de la main

Pour la protection des points dangereux, le système détecte une approche très près du point dangereux.

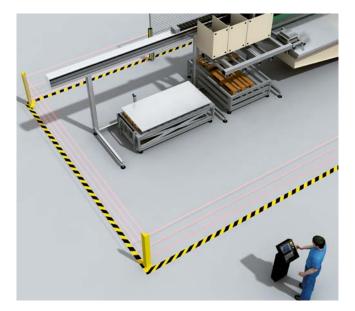
L'avantage de ce type de dispositif de protection est qu'il permet d'avoir une distance minimale très courte et l'opérateur peut travailler avec une meilleure ergonomie (par ex. pour les travaux d'insertion de pièces sur une presse).



# Contrôle d'accès : détection d'une personne accédant à la zone dangereuse

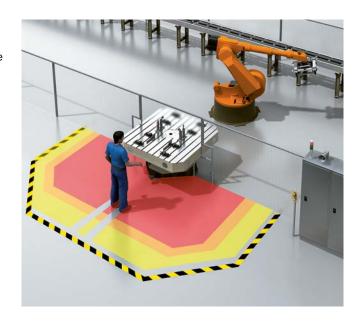
Lors du contrôle d'accès, le système identifie l'approche d'une personne en détectant son corps.

Ce type de dispositif de protection sert à protéger l'accès à une zone dangereuse. En cas d'intrusion dans la zone dangereuse, un signal d'arrêt est déclenché. Une personne qui passe derrière le dispositif de protection n'est pas détectée par l'ESPE!



# Protection de zone dangereuse : détection de la présence d'une personne dans la zone dangereuse

En protection de zone dangereuse, le système reconnaît qu'une personne s'approche en la détectant à l'intérieur d'une zone. Ce type de dispositif de protection est par exemple adapté aux machines dont une zone dangereuse n'est pas totalement visible depuis l'emplacement du bouton poussoir de réarmement. En cas d'intrusion dans la zone dangereuse, un signal d'arrêt est déclenché et le redémarrage est empêché.



# Protection de zone dangereuse mobile : détection de l'approche d'une personne de la zone dangereuse

La protection de zone dangereuse est adaptée aux systèmes AGS (systèmes de transport sans conducteur), grues et chariots, pour protéger toute personne pendant le déplacement des véhicules ou lors de la phase de stationnement à un poste fixe.



## Fonctions de sécurité intégrées dans l'ESPE

Les fonctions de sécurité suivantes peuvent être intégrées soit dans la logique soit directement dans des ESPE appropriés.

## Inhibition temporaire (muting)

La fonction d'inhibition (muting) permet de neutraliser la fonction de sécurité d'un dispositif de protection pendant une durée limitée. Cette fonction est nécessaire lorsque des matériaux doivent être déplacés à travers le champ de protection du dispositif de protection sans arrêter le flux de travail (état dangereux de la machine).

Elle peut également être utile pour optimiser le flux de travail lorsque certains états de la machine le permettent (par ex. inhibition de la fonction d'un barrage immatériel de sécurité pendant que le coulisseau d'une presse remonte, ce qui permet à l'opérateur d'évacuer plus facilement la pièce usinée). Le muting ne doit être possible que lorsque l'accès au point dangereux est bloqué par le matériel qui circule. En revanche, avec les moyens de protection non contournables (non franchissables), l'inhibition ne doit être possible que si la machine n'exécute pas de fonction dangereuse (voir illustration). Cet état est initié par des capteurs ou signaux d'inhibition. Pour la fonction d'inhibition, il est impératif de sélectionner et de positionner très consciencieusement les capteurs d'inhibition et les signaux de commande utilisés.



Fonction d'inhibition avec barrage immatériel de sécurité et capteurs d'inhibition sur une machine de suremballage

Les conditions suivantes doivent être respectées pour permettre une mise en œuvre sûre et conforme aux normes de la fonction d'inhibition:

- Pendant l'inhibition, il faut garantir un état sûr par d'autres moyens, c'est-à-dire que l'accès à la zone dangereuse ne doit pas être possible.
- L'inhibition doit être activée automatiquement, pas manuellement.
- L'inhibition ne doit pas dépendre d'un seul signal électrique.
- L'inhibition ne doit pas dépendre uniquement de signaux
- Une séquence d'activation incorrecte des signaux d'inhibition ne doit pas déclencher l'inhibition.
- L'état d'inhibition doit cesser immédiatement après le passage des matériaux.

Pour améliorer la qualité de distinction, il est possible d'utiliser des valeurs limites, associations ou signaux supplémentaires, comme par ex.:

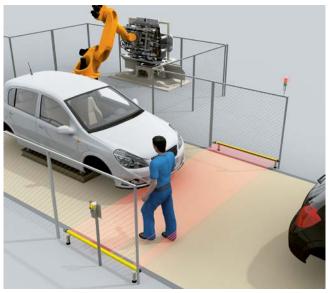
- le sens du mouvement des matériaux (séquence des signaux d'inhibition)
- la limitation de la durée d'inhibition
- la commande de déplacement des matériaux par le système de commande de la machine
- l'état de fonctionnement des éléments de convoyage (par ex. tapis convoyeur, convoyeur à rouleaux)
- la détection de matériau grâce à des caractéristiques supplémentaires (par ex. code-barres)
- → Application pratique des ESPE : CEI / TS 62046

#### Barrages immatériels de sécurité avec fonction Entry/Exit

Il existe un autre moyen de convoyer des matériaux dans une zone protégée ; il s'agit de la distinction active des personnes et des matériaux (fonction Entry/Exit).

Pour cette application, on utilise des barrages immatériels de sécurité (AOPD) disposés horizontalement. Chaque faisceau est analysé individuellement afin de différentier l'interruption correspondant à des matériaux ou à des supports (par ex. des palettes) ou bien correspondant à une personne.

L'application du masquage dynamique à auto-apprentissage et d'autres critères de distinction tels que le sens de mouvement, la vitesse, l'entrée et la sortie du champ de protection permet d'aboutir à une distinction pertinente pour la sécurité. Il est ainsi évité avec une grande fiabilité que des personnes entrent dans la zone dangereuse sans que cela ne soit détecté (voir illustration).



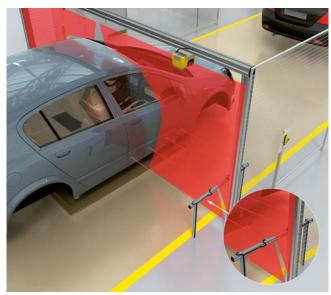
Fonction Entry/Exit avec barrage immatériel de sécurité horizontal dans un poste d'assemblage d'une chaîne de production automobile

# Scrutateurs laser de sécurité avec commutation de champs de protection

La commutation active des champs de protection constitue une autre alternative pour convoyer des matériaux dans une zone sécurisée.

En général, pour une telle application, on utilise des scrutateurs laser de sécurité avec champs de protection verticaux (ou légèrement inclinés).

Des signaux appropriés émis par la commande de la machine et les capteurs positionnés correctement permettent d'activer le bon champ de protection parmi une série de champs préconfigurés. Le contour de champ de protection est définit de telle façon que le dispositif de protection ne réagisse pas au passage des matériaux mais que les zones non surveillées soient assez petites pour empêcher l'intrusion non détectée de personnes dans la zone dangereuse (voir illustration).

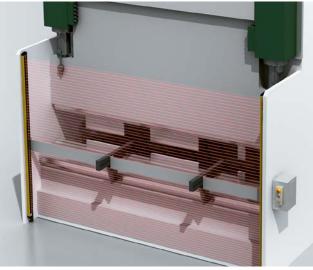


Passage de matériaux avec scrutateurs laser de sécurité, champs de protection verticaux et commutation de champs de protection avec capteurs disposés de manière adéquate

## Fonctions supplémentaires des ESPE

#### Masquage (blanking)

Pour de nombreux dispositifs de protection immatérielle active AOPD, la capacité de détection et/ou le champ de protection peuvent être configurés de telle manière que la présence d'un ou plusieurs objets dans une partie définie du champ de protection n'entraîne pas de déclenchement de la fonction de sécurité (état INACTIF). Le masquage peut-être utilisé pour faire passer certains objets dans le champ de protection comme par ex. des flexibles pour lubrifiants réfrigérants, goulottes ou supports pour pièces à usiner (voir illustration).



Masquage fixe de faisceaux d'un barrage immatériel sur une presse plieuse

Dans la zone désensibilisée, la capacité de détection de l'ESPE est moins fine (se détériore). Veuillez tenir compte des indications du fabricant à ce sujet lors du calcul de la distance minimale.

Dans le cadre du **masquage fixe**, la taille et la position de la zone désensibilisée sont déterminées. Avec la **désensibilisation dynamique** (**masquage flottant**), seule la taille de la zone désensibilisée est déterminée, pas sa position dans le champ de protection (voir illustration).

Masqu	age fixe	Désensibilisation dynamique					
Masquage fixe	Masquage fixe à tolérance de taille augmentée	Désensibilisation dynamique (mas- quage flottant) avec surveillance intégrale de l'objet	Désensibilisation dynamique (mas- quage flottant) avec surveillance partielle de l'objet				
Un objet de taille fixe doit se trouver à une position définie du champ de protection.	Un objet de taille limitée peut venir depuis le côté de l'opérateur dans le champ de protection.	Un objet de taille fixe doit se trouver à l'intérieur d'une zone définie du champ de protection. L'objet peut se déplacer.	Un objet de taille fixe peut se trouver à l'intérieur d'une zone du champ de protection. L'objet peut se déplacer.				
		1	1				

Critères du masquage fixe et de la désensibilisation dynamique (masquage flottant)

Pour éviter la présence de trous dans le champ de protection, l'absence (ou, dans certains cas, la modification de la taille ou de la position) de l'objet peut être utilisée pour déclencher la fonction de sécurité (état INACTIF).

#### Mode cadencé

On entend par mode cadencé l'utilisation du dispositif de protection pour redémarrer la fonction cyclique de la machine (dispositif de protection et de commande). Ce mode de fonctionnement est utile lorsque l'opérateur doit insérer ou prélever des pièces à la main de manière cyclique.

Conformément aux normes, le mode cadencé ne peut être réalisé qu'avec des AOPD de type 4 et une résolution effective  $d \le 30$  mm. En mode cadencé, la machine attend à une position définie que l'opérateur atteigne un nombre déterminé d'interventions. Le barrage immatériel de sécurité libère automatiquement le mouvement dangereux après un certain nombre défini d'intrusions.

Le réarmement de l'ESPE est obligatoire dans les cas suivants :

- au démarrage de la machine
- au redémarrage, si l'AOPD a été occulté pendant un mouvement dangereux
- si aucune commande de redémarrage de cycle par AOPD n'a été enclenchée pendant la durée définie

Il faut vérifier que l'opérateur ne court aucun danger pendant le processus de travail. Cela limite l'utilisation de ce mode de fonctionnement aux machines où il n'est pas possible de se tenir entièrement dans le volume de la zone dangereuse et où il est strictement impossible qu'un opérateur se tienne entre le champ de protection et la machine sans être détecté (prévention du contournement).

Le mode simple passage ou mode 1 passage signifie que l'AOPD déclenche la fonction de la machine une fois que l'opérateur a terminé son intervention.

Le mode double passage ou mode 2 passages signifie que l'AOPD maintient la fonction de la machine en état verrouillé après la première intervention de l'opérateur (par ex. prélèvement d'une pièce usinée). L'AOPD ne libère la fonction de la machine qu'une fois que la seconde intervention de l'opérateur est terminée (par ex. après l'insertion d'une pièce brute).

Le mode cadencé est souvent utilisé sur des presses ou des poinçonneuses mais il peut également être utilisé sur d'autres machines (par ex. sur des plateaux tournants, des installations d'assemblage). En mode cadencé, le barrage immatériel ne doit pas pouvoir être contourné. Dans le cas des presses, le mode cadencé est soumis à des conditions particulières.



Mode simple passage sur une installation d'assemblage avec barrage immatériel de sécurité. Lors de l'insertion, l'outil se trouve en position haute. Après libération du champ de protection par l'opérateur, le processus d'assemblage démarre.

En mode cadencé, la résolution des AOPD doit être inférieure ou égale à 30 mm (détection des doigts ou de la main).

- → Déclenchement de cycle : normes de type B ISO 13855, CEI 61496-1
- → Mode cadencé sur presses : normes de type C EN 692, EN 693

#### Protecteurs fixes

Les protecteurs fixes, ou localisés, sont des protecteurs qui maintiennent une personne ou les parties du corps à un emplacement situé hors d'une zone dangereuse.

Vous trouverez un aperçu complet et de qualité sur les protecteurs fixes dans :

Alfred Neudörfer: Konstruieren sicherheitsgerechter Produkte, Springer-Verlag, Berlin u. a., ISBN 978-3-642-33889-2 (5ème édition 2013), Conception de produits sûrs, maison d'édition Springer Verlag

#### Commandes bimanuelles

Une commande bimanuelle ne protège toujours qu'une seule personne! S'il y a plusieurs opérateurs, chacun doit actionner une commande bimanuelle. Un mouvement dangereux ne peut être déclenché que par une action volontaire des deux mains sur la commande bimanuelle et doit s'arrêter dès que l'une des mains quitte la commande.

Il existe différents types de commandes bimanuelles. Les caractéristiques qui les distinguent sont le type d'organes de commande ainsi que les exigences relatives au système de commande.

Les principes de base suivants s'appliquent à tous les types :

- l'utilisation des deux mains doit être garantie.
- le relâchement de l'un des deux organes de commande met fin au mouvement dangereux.
- tout actionnement involontaire doit être empêché.
- il doit être impossible de contourner facilement le dispositif de protection.
- · la commande bimanuelle ne peut pas être déplacée dans la zone dangereuse.

Pour les commandes bimanuelles de type II et type III, on a en plus:

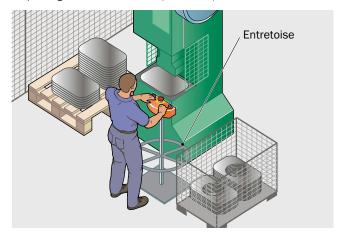
· l'enclenchement d'un nouveau mouvement ne doit avoir lieu qu'après avoir relâché puis actionné à nouveau les deux organes de commande.

Pour les commandes bimanuelles de type III, on a en plus :

le démarrage d'un mouvement ne peut se produire que lorsque les deux organes de commande ont été actionnés simultanément avec un délai maximal de 0,5 s entre les deux.

Les commandes bimanuelles de type III sont divisées en soustypes avec des exigences particulières en termes de commande. Les principaux sous-types sont :

- Type III A: traitement d'un contact NO par organe de commande (2 entrées)
- Type III C: traitement d'un contact NO et d'un contact NF par organe de commande (4 entrées)



- → Exigences relatives aux commandes bimanuelles : ISO 13851 (norme B)
- Calcul de la distance minimale pour les commandes bimanuelles → 3-52

### Dispositifs de validation

Lors de la configuration, de la maintenance et lorsque les processus de fabrication doivent être observés de près, certaines fonctions des dispositifs de protection doivent parfois être temporairement désactivées. Outre d'autres mesures réduisant les risques (force/vitesse réduite etc.), il faut des dispositifs de commande que l'on doit actionner en permanence pendant toute la durée de désactivation. Les dispositifs de validation sont une solution en ce cas.

Les dispositifs de validation sont des dispositifs de commande actionnés physiquement, permettant d'envoyer l'assentiment de l'opérateur à accéder aux fonctions de la machine. En général, on utilise comme dispositifs de validation des boutons-poussoirs ou des interrupteurs à pédale.

En outre, le dispositif de validation peut s'accompagner d'une commande de démarrage supplémentaire sous la forme de manette ou de touches à impulsion. Les dispositifs de validation à 3 positions ont fait leurs preuves dans l'industrie et sont donc à recommander.



Le démarrage de la machine ne doit pas être déclenché par le seul actionnement d'un dispositif de validation. En fait, le déplacement ne doit être autorisé que pendant que le dispositif de validation est actionné.

### Fonctionnement d'un dispositif de validation à 3 positions :

Posture	Élément mobile	Fonction
1	Pas actionné	Inactif
2	En position médiane (point de pression)	Validation
3	Position médiane dépassée	Arrêt d'urgence

En cas de passage de la position 3 à la position 2, la fonction autorisation ne doit pas être réactivée.

Si des dispositifs de validation en position 3 sont équipés de contacts séparés, ceux-ci doivent être intégrés dans le circuit d'arrêt d'urgence.

Même avec des dispositifs de validation, la protection contre la neutralisation reste particulièrement importante.

→ Exigences relatives aux dispositifs de validation : CEI 60204-1 (norme B)

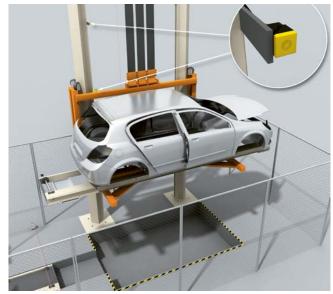
## Capteurs de surveillance des paramètres de la machine

L'appréciation des risques peut révéler que certains paramètres de la machine doivent être surveillés et détectés pendant le fonctionnement.

### Surveillance de position sûre

Si une machine ne doit pas dépasser ou quitter une certaine position, on peut utiliser des capteurs de sécurité ou des interrupteurs de position (→ 3-19).

Les interrupteurs de position de sécurité inductifs sans contact sont particulièrement adaptés à cette tâche. Ils peuvent surveiller sans autre élément, sans usure et avec un indice de protection élevé la présence d'une partie donnée d'un axe robotisé ou d'une partie mobile de machine.



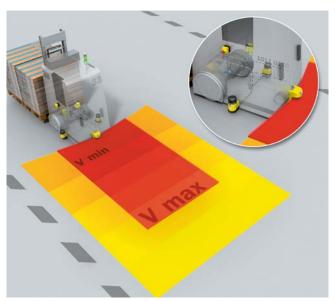
Surveillance de position sûre d'un monte-charge dans une chaîne de production automobile

#### Surveillance de régime, vitesse, course d'arrêt

Des codeurs ou autres systèmes de mesure de course permettent la détection et l'évaluation du régime, de la vitesse ou de la course d'arrêt.

Pour les systèmes de transport sans conducteur, il est possible d'utiliser des codeurs pour adapter l'étendue de champ de protection des scrutateurs laser de sécurité à la vitesse de déplacement.

Des modules de surveillance d'arrêt ou de mouvement sûr, contrôlent le mouvement des entraînements au moyen de capteurs ou de codeurs afin de générer un signal de commande sûr en cas d'arrêt ou de divergence par rapport aux paramètres définis. En cas d'exigences particulières de sécurité, il faut utiliser soit des codeurs de sécurité, soit des codeurs redondants. Il est également possible de surveiller la tension induite par magnétisme résiduel dans un moteur encore en mouvement.



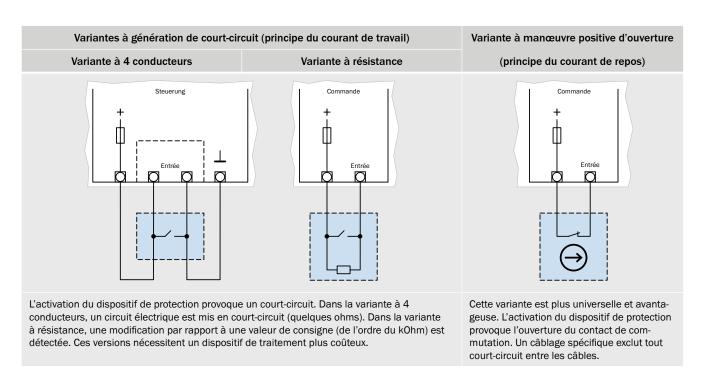
Surveillance de la vitesse pour commutation de champs sur un véhicule de transport sans conducteur

## Tapis sensibles, barres de commutation, bumper

Dans certains cas, il peut s'avérer judicieux d'utiliser des dispositifs de protection sensibles à la pression. Leur principe de fonctionnement repose le plus souvent sur une déformation élastique d'un corps creux qui permet à un émetteur interne (électromécanique ou optique) d'envoyer un signal d'exécution de la fonction de sécurité.

Les systèmes électromécaniques courants existent en différentes versions.

Dans tous les cas, la conception et l'intégration mécaniques doivent être correctes pour garantir l'efficacité de la fonction de sécurité. La détection d'enfants de moins de 20 kg n'est pas traitée dans les normes produits pour tapis sensibles et plaques de circuits.



→ Conception des dispositifs de protection sensibles à la pression : norme B ISO 13856 (série de normes)

## Interrupteurs à commande par pédale

Les interrupteurs à commande par pédale sont utilisés pour commander des processus de travail. Sur certaines machines (par ex. presses, poinçonneuses, plieuses et machines de déformation des métaux), les interrupteurs à commande par pédale ne peuvent être utilisés que dans des modes de fonctionnement séparés et uniquement conjointement avec d'autres mesures techniques de protection (par ex. vitesse lente) pour les fonctions de sécurité.

Dans ce cas, ils doivent faire l'objet d'une conception spécifique :

- capot de protection pour empêcher un actionnement involontaire
- version à 3 positions, analogue au principe des dispositifs de validation (voir « Fonctionnement d'un dispositif de validation à 3 positions » → 3-43).
- possibilité de réarmement manuel en actionnant l'élément mobile au-delà du point de pression
- une fois le mouvement dangereux stoppé, le système ne peut être réactivé à la pédale qu'après avoir relâché celle-ci puis l'avoir actionnée à nouveau
- traitement d'au moins un contact NO et un contact à ouverture
- en cas de présence de plusieurs opérateurs, chacun doit actionner un interrupteur à commande par pédale

## Mesures protection complémentaires

Le cas échéant, il faut prévoir d'autres mesures de protection qui ne sont ni inhérentes à la conception sûre, ni des mesures techniques de protection.

En voici quelques exemples :

- · dispositifs d'arrêt en cas d'urgence
- mesures de libération et de sauvetage de personnes enfermées
- Mesures de déconnexion et de dérivation de l'énergie
   (> 2-4 et 2-5)
- précautions pour une manipulation simple et sûre des machines et pièces lourdes
- · mesures pour sécuriser l'accès aux machines

Si ces mesures complémentaires dépendent du bon fonctionnement de parties de commande correspondantes, il s'agit de « fonctions de sécurité » et il convient alors de respecter les exigences relatives aux fonctions de sécurité (voir chapitre « Réarmement et redémarrage » → 3-65).

## Interventions en cas d'urgence

#### Arrêt en cas d'urgence (arrêt d'urgence)

En cas d'urgence, non seulement tout mouvement dangereux doit être stoppé, mais toutes les sources d'alimentation générant un danger, par ex. les énergies emmagasinées, doivent être suprimées de manière sûre. Ces actions sont qualifiées d'arrêt d'urgence. Chaque machine, sauf exception décrite dans la Directive Machines, doit être équipée d'au moins un dispositif d'arrêt d'urgence.

- Les dispositifs d'arrêt d'urgence doivent être facilement accessibles.
- L'arrêt d'urgence doit mettre fin le plus rapidement possible à la situation dangereuse sans provoquer de risque supplémentaire.
- La commande d'arrêt d'urgence doit être prioritaire sur toutes les autres fonctions et commandes, quel que soit le mode de fonctionnement.
- Le réarmement du dispositif d'arrêt d'urgence ne doit pas entraîner le redémarrage de la machine.
- Le principe de l'actionnement direct avec fonction d'enclenchement mécanique doit être utilisé.
- L'arrêt d'urgence doit être conforme à la catégorie d'arrêt 0 ou 1 (→ 2-9).

#### Coupure d'urgence (coupure d'alimentation en cas d'urgence)

Lorsqu'il existe une possibilité de risque ou de dommages causés par l'énergie électrique, il faut prévoir un dispositif de coupure d'urgence. Celui-ci coupe l'alimentation électrique au moyen de modules de composants électromécaniques.

- L'alimentation ne doit être enclenchée qu'après réarmement de tous les dispositifs de commande d'arrêt d'urgence.
- La coupure d'urgence implique la catégorie d'arrêt 0 (→ 2-9).

### Réarmement

Lorsqu'un appareil de commande d'arrêt d'urgence est actionné, les dispositifs ainsi déclenchés doivent rester à l'état INACTIF jusqu'à ce que cet appareil soit réarmé.

Le réarmement des dispositifs de commande doit s'effectuer manuellement sur place. Il doit seulement préparer la remise en marche de la machine.

L'arrêt d'urgence et la coupure d'urgence sont des mesures de protection complémentaires qui ne représentent pas un moyen de réduire les risques sur les machines.

### Exigences et variantes

Les dispositifs de commande utilisés doivent avoir des contacts guidés NF. Les organes de commande doivent être rouges, le cas échéant sur fond jaune. On peut utiliser :

- · des interrupteurs à bouton-poussoir
- des interrupteurs à corde, câble ou barre
- des interrupteurs à pédale sans capot (pour arrêt d'urgence)
- · des dispositifs sectionneurs

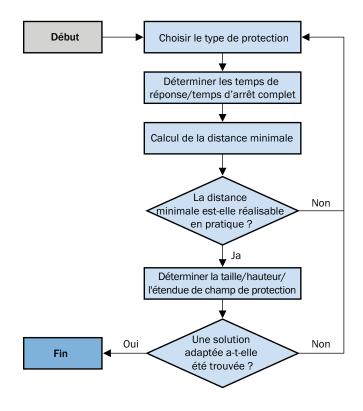
Lorsqu'on utilise des câbles et des cordes comme éléments mobiles des dispositifs d'arrêt d'urgence, ils doivent être conçus et installés de manière à être faciles à actionner pour déclencher la fonction. Les dispositifs de réarmement doivent être disposés de telle manière que toute la longueur de la corde ou du câble soit visible depuis leur emplacement.

- → Principes de conception des arrêt d'urgence : ISO 13850
- → Arrêt en cas d'urgence : Directive Machines 2006/42/CE

# Positionnement/Dimensionnement des dispositifs de protection

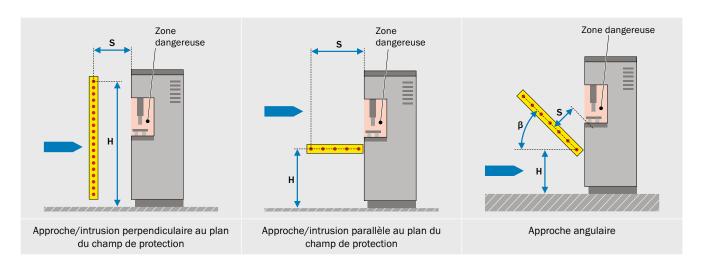
Un aspect important lors du choix du dispositif de protection optimal est la place disponible. Il faut s'assurer que la situation dangereuse est supprimée bien avant d'atteindre le point dangereux.

La distance minimale nécessaire dépend entre autres de la taille et du type de dispositif de protection.



# Distance minimale pour les ESPE en fonction de l'approche

La notion de distance minimale s'applique aux ESPE à champ de protection en 2 dimensions, comme par ex. les barrages immatériels, les barrières immatérielles (dispositifs de protection optoélectronique actifs AOPD), les scrutateurs laser (dispositifs de protection optoélectronique actifs sensibles aux réflexions diffuses AOPDDR) ou les systèmes de caméras 2D. En général, on distingue trois types d'approche.



Après avoir choisi l'ESPE déclenchant l'arrêt, calculer la distance minimale nécessaire entre le champ de protection de l'ESPE et le point dangereux le plus proche.

Les paramètres suivants sont à prendre en compte :

- temps d'arrêt de la machine
- temps de réponse de la commande relative à la sécurité
- temps de réponse du dispositif de protection (ESPE)
- suppléments dépendant de la résolution de l'ESPE, de la hauteur du champ de protection et/ou du type d'approche

Si la distance minimale est trop importante et inacceptable du point de vue ergonomique, il faut soit réduire le temps d'arrêt total de la machine, soit utiliser un ESPE à résolution plus fine. Toute possibilité de contournement doit être exclue.

→ Le calcul de la distance minimale d'un ESPE est décrit dans la norme ISO 13855 (normes de type B).

#### Formule générale de calcul

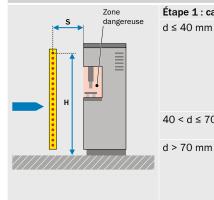
$$S = (K \times T) + C$$

### Avec:

- S la distance minimale en millimètres, mesurée depuis le point dangereux le plus proche jusqu'au point, à la ligne ou au plan de détection de l'ESPE.
- K un paramètre en millimètres par seconde, dérivé des données de vitesse d'approche du corps ou des parties du corps humain.
- T le temps d'arrêt complet du système entier en secondes.
- C la distance supplémentaire en millimètres qui représente l'intrusion dans la zone dangereuse avant le déclenchement du dispositif de protection. Lorsque le champ de protection de l'ESPE ne peut pas être contourné par-dessus, C dépend de la capacité de détection (résolution) de l'ESPE et est nommé  $C_{RT}$  (reach through = intrusion en traversant). Lorsqu'il est possible de contourner le champ de protection de l'ESPE par-dessus, C dépend de la hauteur du champ de protection et est nommé C<sub>RO</sub> (reach over = contournement par-dessus).

Le tableau ci-après contient les formules de calcul de la distance minimale S en fonction de l'approche vers le champ de protection.

## Approche perpendiculaire : $\beta = 90^{\circ} (\pm 5^{\circ})$



# Étape 1 : calcul de la distance minimale S

 $d \le 40 \text{ mm} \qquad S = 2.000 \times T + 8 \times (d - 14) \qquad \text{La distance} \\ Si S > 500 \text{ mm, utilisez la formule suivante} : \\ S = 1.600 \times T + 8 \times (d - 14). \qquad C = 8 \times (d - 14). \\ Dans ce cas, S ne doit pas être < 500 mm. \qquad mentaire er distance d'i reuse avant de protection <math display="block"> S = 1.600 \times T + 850 \qquad \text{Hauteur du}$ 

 $S = 1.600 \times T + 850$ 

La distance minimale S ne doit pas être < 100 mm.

C = 8 × (d - 14) est ici la distance supplémentaire en millimètres qui représente la distance d'intrusion dans la zone dangereuse **avant** le déclenchement du dispositif de protection.

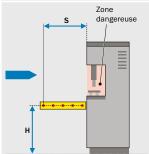
Hauteur du faisceau le plus bas  $\leq$  300 mm Hauteur du faisceau le plus haut  $\geq$  900 mm

Nombre de faisceaux recommandées
4 300, 600, 900, 1.200 mm
3 300, 700, 1.100 mm
2 400, 900 mm

(Utiliser une hauteur de 400 mm uniquement lorsqu'il n'y a pas de risque de contournement par le bas.)

Étape 2 : calcul de la hauteur nécessaire du bord supérieur du champ de protection ( > 3-57)

### Approche parallèle : $\beta = 0^{\circ} (\pm 5^{\circ})$



### Étape 1 : calcul de la distance minimale S

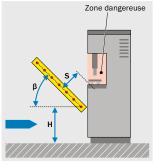
S = 1.600 × T + (1.200 – 0,4 × H)  $0\dot{\text{o}}$ C = (1.200 – 0,4 × H) ≥ 850 mm

Étape 2 : calcul de la résolution requise en fonction de la hauteur du champ de protection

$$d \le \frac{H}{15} + 50 \text{ mm}$$

 $H \le 1.000 \text{ mm}$  $d \le 117 \text{ mm}$ 

### Approche angulaire : $5^{\circ} < \beta < 85^{\circ}$



- β < 30°
- Cf. approche perpendiculaire.
  Cf. approche parallèle.
- $d \le \frac{H}{15} + 50 \text{ mm}$  se rapporte au faisceau le plus bas.

S s'applique au faisceau le plus éloigné de la zone dangereuse dont la hauteur est ≤ 1.000 mm.

- S : distance minimale
- H : hauteur du champ de protection (plan de détection)
- d : résolution de l'ESPE
- $\beta$  : angle entre le plan de détection et la direction d'approche
- T: temps d'arrêt complet du système entier

## Cas particuliers

#### **Applications pour presses**

Des normes de type C spécifiques peuvent contenir des indications différentes des normes génériques.

Pour les presses à déformer les métaux en particulier, les valeurs suivantes s'appliquent :

Calcul du supplément pour les presses									
Résolution d (mm) de l'ESPE	Supplément C (mm)	Déclenchement de course par ESPE/mode cadencé							
d ≤ 14	0	Autorisé							
14 < d ≤ 20	80								
20 < d ≤ 30	130								
30 < d ≤ 40	240	Interdit							
> 40	850								

→ Normes pour les presses : EN 692/693 (normes de type C)

#### ESPE pour détection de présence

Ce type de protection est recommandé pour les grandes installations accessibles à partir du sol. Dans ce cas particulier, il faut empêcher que l'installation démarre (fonction de sécurité « Empêcher le démarrage ») tant qu'un opérateur se trouve à l'intérieur. Il s'agit ici d'un dispositif de protection secondaire, qui détecte la présence de personnes dans la zone dangereuse et empêche pendant ce temps-là le déclenchement de l'état dangereux. En plus de l'ESPE pour la détection de présence, il faut une protection principale pour la fonction de sécurité « Déclencher l'arrêt », par ex. sous la forme d'un autre ESPE ou d'un protecteur mobile verrouillé.

Dans ce cas, la distance minimale doit être calculée pour le dispositif de protection principal (par ex. un barrage immatériel vertical chargé de stopper l'installation).



Scrutateur laser de sécurité sur un poste d'usinage en tant que fonction de sécurité pos. 1 : Déclencher l'arrêt, et fonction de sécurité pos. 2 : Empêcher le démarrage (détection de présence)

## Application d'ESPE sur véhicules

Lorsque la situation dangereuse provient d'un véhicule, c'est en général la vitesse du véhicule qui est prise en compte pour déterminer la distance minimale et non la vitesse d'approche de la personne. Si le véhicule (et donc le dispositif de protection) s'approche d'une personne, on suppose en temps normal que la personne reconnaît le danger et s'arrête ou s'éloigne. La distance minimale doit donc être « seulement » assez grande pour permettre l'arrêt du véhicule en toute sécurité. En fonction de l'application et de la technologie utilisée, des



### Application stationnaire avec ESPE embarqué

marges de sécurité peuvent être nécessaires.

Sur certaines machines, les opérateurs sont obligés, en raison de la fonction, de se tenir très près de la zone dangereuse. Sur les presses plieuses, des tôles de petite taille doivent être maintenues près de l'angle de pliage. L'utilisation de dispositifs de protection embarqués qui génèrent en permanence un champ de protection tout autour des ouvertures de l'outil s'est avérée être une solution pratique. La vitesse de préhension n'est pas prise en compte, la formule générale n'est donc pas applicable.

Les exigences en termes de résolution sont très élevées et les réflexions sur les surfaces métalliques doivent être exclues. Pour cela, on utilise des systèmes laser focalisés avec caméra de traitement. Ce type de protection est défini dans les normes de type C conjointement avec d'autres mesures (par ex. interrupteur à commande par pédale à 3 positions, mesure automatique de course d'arrêt, port obligatoire de gants, etc.).

→ Sécurité des presses plieuses : série EN 12622 (norme C)

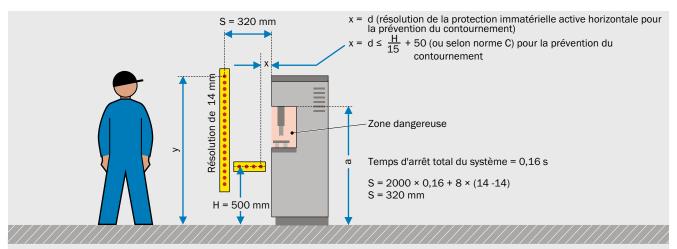
La mesure du temps d'arrêt complet et de la distance minimale nécessaire requiert un savoir-faire et un équipement particuliers. SICK propose ces mesures dans le cadre de ses prestations de service.

### Exemples de calcul de la distance minimale

# Solution 1 : approche perpendiculaire – protection des points dangereux avec détection de présence

Le calcul représenté dans l'illustration donne une distance minimale S = 320 mm. En utilisant un barrage immatériel de sécurité avec la meilleure résolution possible, c'est déjà la distance minimale optimale.

Pour que la personne soit détectée en tout point de la zone dangereuse, on utilise deux dispositifs de protection de type AOPD: un AOPD vertical positionné selon la distance minimale calculée (approche verticale) et un AOPD horizontal qui élimine le danger de se trouver derrière la barrière verticale.



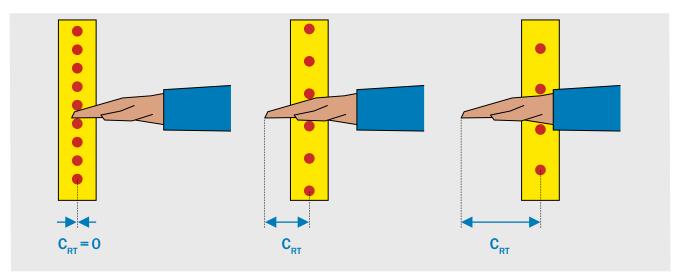
- a = hauteur de la zone dangereuse
- d = capacité de détection (résolution de l'AOPD)
- H = hauteur d'installation
- S = distance minimale

- x = écart entre l'extrémité du champ de protection et la machine
- y = hauteur du faisceau le plus haut, calcul voir « Étendue/hauteur nécessaire du champ de protection de l'ESPE », → 3-55

# Supplément dépendant de la résolution $C_{\rm RT}$

En fonction de la capacité de détection (résolution) de l'ESPE, il est possible que l'ESPE se déclenche (détecte une personne) alors que des parties du corps ont déjà pénétré dans le champ de protection.

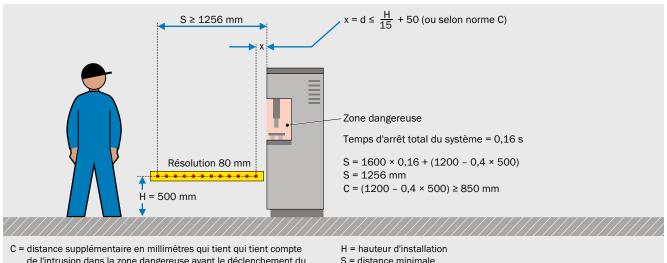
Ceci doit être pris en compte par l'ajout du supplément dépendant de la résolution  $\mathbf{C}_{\text{pr}}$ 



L'illustration présente un exemple d'intrusion non détectée avec des barrages immatériels de sécurité avec différentes capacités de détection.

## Solution 2 : approche parallèle - protection de zone dangereuse

On utilise un AOPD horizontal. L'illustration ci-dessous présente le calcul de la distance minimale S et le positionnement de l'AOPD. Si la hauteur d'installation de l'AOPD est augmentée et positionnée à 500 mm, la distance minimale diminue. Pour cette hauteur, on peut utiliser un AOPD d'une résolution de 80 mm ou moins. Cependant, aucun accès à la zone dangereuse ne doit être possible par-dessous l'AOPD. Ce type de protection est souvent réalisé avec un système de protection de type AOPDDR (scrutateur laser). Cependant, la technologie de ces appareils nécessite généralement une distance de sécurité plus importante.

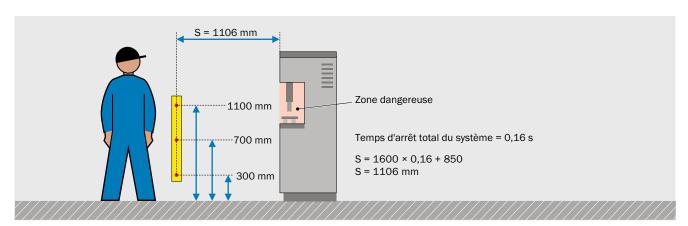


- de l'intrusion dans la zone dangereuse avant le déclenchement du dispositif de protection
- d = capacité de détection (résolution de l'AOPD

- x = écart entre l'extrémité du champ de protection et la machine

## Solution 3 : contrôle d'accès

Un contrôle d'accès à trois faisceaux (hauteur 300 mm, 700 mm et 1.100 mm) permet une approche verticale. Cette solution n'empêche pas un opérateur de se trouver entre la zone dangereuse et le dispositif de protection de type AOPD sans être détecté. Il faut donc prendre des mesures de sécurité supplémentaires afin de réduire ce risque. Le dispositif de commande (par ex. poussoir de réarmement) doit être positionné de manière à ce que l'ensemble de la zone dangereuse soit visible, sans qu'il soit accessible depuis l'intérieur de cette zone.



## Aperçu du résultat

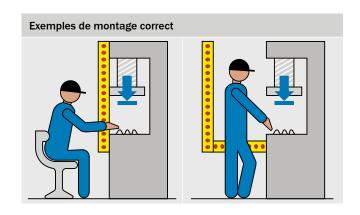
Le tableau ci-dessous indique le résultat des solutions présentées. Les exigences opérationnelles déterminent le choix de l'une des solutions :

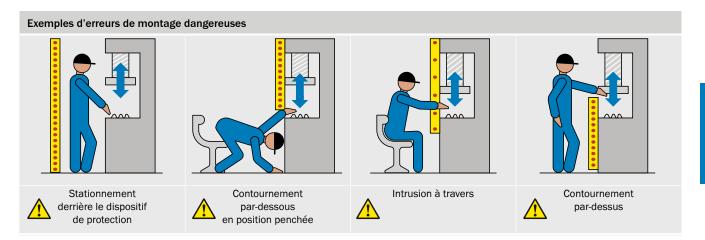
Solution pour un temps d'arrêt complet = 0,16 s	Avantages	Inconvénients				
1 Protection de points dangereux S = 320 mm	<ul> <li>Productivité supérieure, car l'opérateur se tient plus près du processus de travail (trajets courts)</li> <li>Démarrage automatique ou mode caden- cé possibles</li> <li>Faible encombrement</li> </ul>	Prix plus élevé du dispositif de protection en raison de sa résolution élevée et de la détection de présence				
2 Protection de zone dangereuse S = 1256 mm	<ul> <li>Démarrage automatique possible</li> <li>Permet de protéger l'accès quelle que soit la hauteur de la zone dangereuse</li> </ul>	<ul> <li>L'opérateur est bien plus loin (trajets longs)</li> <li>Encombrement supérieur</li> <li>Productivité moindre</li> </ul>				
3 Contrôle d'accès S = 1106 mm	<ul> <li>Solution économique</li> <li>Permet de protéger l'accès quelle que soit la hauteur de la zone dangereuse</li> <li>Protection sur plusieurs côtés en utilisant des miroirs de renvoi</li> </ul>	L'opérateur est bien plus loin (trajets longs) Productivité moindre (réarmement de l'ESPE obligatoire) Le risque de contournement est à prendre en compte. Solution non recommandée si plusieurs personnes occupent le poste de travail.				

# Étendue/hauteur nécessaire du champ de protection de l'ESPE

En général, le montage des dispositifs de protection doit éviter les erreurs suivantes :

- le point dangereux ne doit être accessible qu'en traversant le champ de protection.
- les points dangereux ne doivent en particulier pas être accessibles en contournant la protection par-dessus, le bas ou les côtés.
- s'il est possible de passer derrière des dispositifs de protection, des mesures supplémentaires doivent assurer la sécurité (par ex. fonction de réarmement, dispositif de protection secondaire).

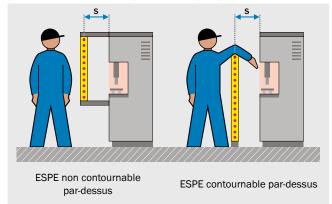




Une fois la distance minimale entre le champ de protection et le point dangereux le plus proche calculée, il faut déterminer la hauteur de champ de protection nécessaire. Il ne doit pas être possible d'atteindre le point dangereux en contournant l'équipement de protection par-dessus.

# Dispositifs de protection contournables par-dessus

En fonction de la hauteur et de la position du champ de protection de l'ESPE, de la forme de la machine et d'autres facteurs, le champ de protection d'un ESPE peut être contourné par-dessus de sorte que le point dangereux peut être atteint avant la fin du mouvement dangereux de la machine et donc que la sécurité voulue n'est pas assurée. L'illustration présente une comparaison entre un exemple d'ESPE qui peut être contourné par-dessus et un pour lequel ce n'est pas possible.



Si l'accès à la zone dangereuse par-dessus un champ de protection vertical ne peut être exclu (contournement par-dessus), la hauteur du champ de protection et la distance minimale de l'ESPE doivent être déterminées. Pour cela, comparer les valeurs calculées sur la base de la détection possible des membres ou parties du corps avec les valeurs qui découlent du contournement par le dessus. On applique alors la plus grande valeur qui découle de cette comparaison. Effectuer cette comparaison selon ISO 13855, section 6.5.

# Tenir compte d'un possible contournement par-dessus

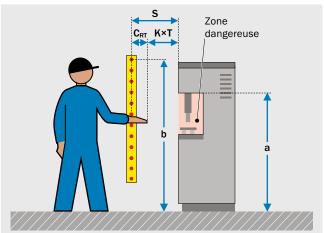
Lorsqu'il est possible de contourner un champ de protection vertical d'un ESPE par-dessus, la hauteur b du bord supérieur du champ de protection doit être relevée ou la distance supplémentaire C doit être adaptée. Dans les deux procédures, il convient d'utiliser le tableau correspondant selon la norme ISO 13855.

#### Conséquences

Dans certaines applications où l'on utilise des ESPE avec d >40 mm (systèmes multifaisceaux), la distance minimale peut être accrue, sinon il faut utiliser des ESPE avec d ≤ 40 mm (barrages immatériels). Cette condition est valable lorsque l'on applique la norme ISO 13855. Certaines normes de type C divergent de la norme ISO 13 855 pour le calcul des distances minimales.

#### Rehausser le bord supérieur du champ de protection

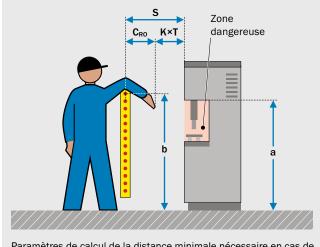
Pour rehausser le bord supérieur du champ de protection b, utiliser d'une part la hauteur de la zone dangereuse a et d'autre part la distance supplémentaire dépendant de la résolution  $C_{\rm RT}$  afin de déterminer la hauteur nécessaire du bord supérieur du champ de protection pour conserver la même distance minimale. Grâce à cette hauteur du bord supérieur du champ de protection, il est impossible d'atteindre la zone dangereuse en contournant le champ par-dessus, et aucun supplément  $C_{\rm RO}$  n'est nécessaire.



Paramètres de calcul de la distance minimale nécessaire en cas de possibilité de contournement par-dessus

# Augmentation de la distance minimale (hauteur du bord supérieur du champ de protection donnée)

Si la hauteur du bord supérieur du champ de protection b est déterminée par un produit déjà en place, la distance minimale doit être augmentée. Ceci est réalisé par la détermination de la hauteur de la zone dangereuse a mais également en fonction de la hauteur du bord supérieur du champ de protection b. Le résultat obtenu au point d'intersection dans le tableau indique le coefficient  $C_{RO}$ . Si  $C_{RO} \geq C_{RT}$ , la valeur  $C_{RO}$  remplace la valeur  $C_{RT}$  dans le calcul de la distance minimale. Si  $C_{RO} < C_{RT}$  conserver la valeur  $C_{RT}$  lors du calcul de la distance minimale.



Paramètres de calcul de la distance minimale nécessaire en cas de possible contournement par-dessus

La formule suivante s'applique toujours :

 $C \ge C_{RO \text{ (contournement par-dessus)}} \text{ et } C \ge C_{RT \text{ (intrusion à travers)}}$ 

Vous trouverez aux pages suivantes le tableau nécessaire conformément à la norme ISO 13855 ainsi que des exemples d'utilisation.

## Calcul de la hauteur nécessaire du bord supérieur du champ de protection:

- 1. Déterminez la hauteur du point dangereux a et cherchez cette valeur ou celle qui s'en rapproche le plus dans la colonne de gauche du tableau.
- 2. Calculez la distance supplémentaire  $\mathbf{C}_{\mathrm{RT}}$  dépendant de la résolution selon les formules connues pour l'approche perpendiculaire:
- Dans la ligne déterminée par a, prenez la dernière colonne dans laquelle la distance horizontale supplémentaire C est égale ou inférieure au supplément dépendant de la résolution C<sub>RT</sub>.
- 3. Dans la ligne inférieure du tableau de la colonne déterminée au cours de l'étape 2, lire la hauteur b résultante du bord supérieur du champ de protection.

• ESPE de résolution d  $\leq$  40 mm :  $C_{RT} = 8 \times (d - 14)$ • ESPE de résolution d > 40 mm : C<sub>RT</sub> = 850 mm

Hauteur a de la zone dangereuse (mm)	D	Distance horizontale supplémentaire C jusqu'à la zone dangereuse (mm)										
2.600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.500	400	400	350	300	300	300	300	300	250	150	100	0
2.400	550	550	550	500	450	450	400	400	300	250	100	0
2.200	800	750	750	700	650	650	600	550	400	250	0	0
2.000	950	950	850	850	800	750	700	550	400	0	0	0
1.800	1.100	1.100	950	950	850	800	750	550	0	0	0	0
1.600	1.150	1.150	1.100	1.000	900	850	750	450	0	0	0	0
1.400 ①	1.200	1.200	1.100	1.000	900	850 ②	650	0	0	0	0	0
1.200	1.200	1.200	1.100	1.000	850	800	0	0	0	0	0	0
1.000	1.200	1.150	1.050	950	750	700	0	0	0	0	0	0
800	1.150	1.050	950	800	500	450	0	0	0	0	0	0
600	1.050	950	750	550	0	0	0	0	0	0	0	0
400	900	700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		H	Hauteu	r <mark>b</mark> du b	ord su	oérieur dι	ı cham	p de pr	otectio	n (mm	)	
	900	1.000	1.100	1.200	1.300	1.400 3	1.600	1.800	2.000	2.200	2.400	2.600

### Exemple

- Résolution de l'ESPE : > 40 mm
- Hauteur a de la zone dangereuse: 1.400 mm ① Supplément C dépendant de la résolution : 850 mm 2

La hauteur b du bord supérieur du champ de protection de l'ESPE ne doit pas être inférieure à 1.400 mm 3, sinon la distance horizontale par rapport à la zone dangereuse doit être augmentée.

## S'il n'est pas possible de mettre en œuvre la hauteur nécessaire du bord supérieur du champ de protection, la distance supplémentaire CRO doit être calculée comme suit :

- Déterminez la hauteur possible b du bord supérieur du champ de protection (ESPE prévu ou existant) et cherchez cette valeur ou la valeur inférieure s'en rapprochant le plus dans la ligne inférieure du tableau.
- 2. Calculez la hauteur du point dangereux a et cherchez cette valeur dans la colonne de gauche du tableau.
- Si la valeur se situe entre deux chiffres du tableau, choisissez la ligne voisine (supérieure ou inférieure) qui donnera la plus grande distance à l'étape 3.
- 3. Lisez la distance horizontale nécessaire C à l'intersection de la ligne et de la colonne correspondantes.

Hauteur a de la zone dangereuse (mm)		Distance horizontale supplémentaire C jusqu'à la zone dangereuse (mm)										
2600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2500	400	400	350	300	300	300	300	300	250	150	100	0
2400	550	550	550	500	450	450	400	400	300	250	100	0
2200	800	750	750	700	650	650	600	550	400	250	0	0
2000	950	950	850	850	800	750	700	550	400	0	0	0
1800	1.100	1.100	950	950	850	800	750	550	0	0	0	0
1600	1.150	1.150	1.100	1.000	900	850	750	450	0	0	0	0
1400 ②	1.200	1.200	1.100 3	1.000	900	850	650	0	0	0	0	0
1200	1.200	1.200	1.100	1.000	850	800	0	0	0	0	0	0
1000	1.200	1.150	1.050	950	750	700	0	0	0	0	0	0
800	1.150	1.050	950	800	500	450	0	0	0	0	0	0
600	1.050	950	750	550	0	0	0	0	0	0	0	0
400	900	700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		ŀ	lauteur b	du bord	l supér	ieur du	cham	p de pr	otectio	n (mm)	)	
	900	1.000	1.100 ①	1.200	1.300	1.400	1.600	1.800	2.000	2.200	2.400	2.600

#### Exemple

- ESPE standard à trois faisceaux (300/700/1.100 mm)
- Hauteur b du bord supérieur du champ de protection: 1.100 mm ①
- Hauteur a de la zone dangereuse : 1.400 mm 2
- Supplément C<sub>RO</sub> dépendant d'un possible contournement par-dessus: 1.100 mm ③ (au lieu des 850 mm usuels)

Pour prendre en compte un possible contournement par-dessus, la norme ISO 13855 fournit le tableau suivant. Ce tableau aide à calculer l'augmentation de la hauteur du bord supérieur du champ de protection ou de la distance minimale.

Hauteur a de la zone dangereuse (mm)		Distance horizontale supplémentaire C jusqu'à la zone dangereuse (mm)										
2.600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.500	400	400	350	300	300	300	300	300	250	150	100	0
2.400	550	550	550	500	450	450	400	400	300	250	100	0
2.200	800	750	750	700	650	650	600	550	400	250	0	0
2.000	950	950	850	850	800	750	700	550	400	0	0	0
1.800	1.100	1.100	950	950	850	800	750	550	0	0	0	0
1.600	1.150	1.150	1.100	1.000	900	850	750	450	0	0	0	0
1.400	1.200	1.200	1.100	1.000	900	850	650	0	0	0	0	0
1.200	1.200	1.200	1.100	1.000	850	800	0	0	0	0	0	0
1.000	1.200	1.150	1.050	950	750	700	0	0	0	0	0	0
800	1.150	1.050	950	800	500	450	0	0	0	0	0	0
600	1.050	950	750	550	0	0	0	0	0	0	0	0
400	900	700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			H	auteur b	du bord s	upérieur (	du champ	de prote	ction (mr	n)		
	900	1.000	1.100	1.200	1.300	1.400	1.600	1.800	2.000	2.200	2.400	2.600

# Distance de sécurité des protecteurs

Les protecteurs doivent être à une distance suffisante de la zone dangereuse lorsqu'ils présentent des ouvertures. Cela s'applique également aux ouvertures entre le moyen de protection et le châssis de la machine, les tables porte-pièces, etc.

Distance de sécurité en fonction des ouvertures des protecteurs ISO 13857

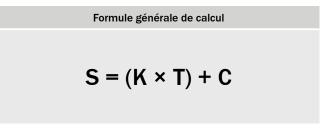
Partie du corps	Partie du corps		Di	stance de sécurité (mr	n)
			Fente	Rectangle	Cercle
Bout du doigt	21	e ≤ 4	≥ 2	≥ 2	≥ 2
	Pin	4 < e ≤ 6	≥ 10	≥ 5	≥ 5
,	\$ 0	6 < e ≤ 8	≥ 20	≥ 15	≥5
Doigt jusqu'au poignet	7777	8 < e ≤ 10	≥80	≥ 25	≥ 20
Boige jacqu au poignot	18r w	10 < e ≤ 12	≥ 100	≥ 80	≥ 80
		12 < e ≤ 20	≥ 120	≥ 120	≥ 120
	1/200	20 < e ≤ 30	≥ 850	≥ 120	≥ 120
	Sr	30 < e ≤ 40	≥ 850	≥ 200	≥ 120
Bras jusqu'à l'épaule		40 < e ≤ 120	≥ 850	≥ 850	≥ 850

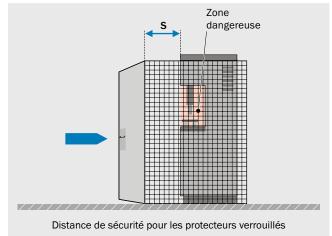
## Distance de sécurité pour les protecteurs verrouillés

#### Avec:

- S la distance minimale en millimètres mesurée depuis le point dangereux le plus proche jusqu'au point le plus proche d'ouverture de porte.
- K un paramètre en millimètres par seconde, dérivé des données de vitesse d'approche du corps ou des parties du corps humain, en général défini à 1.600 mm/s.
- T le temps d'arrêt complet du système entier en secondes.
- C une distance de sécurité relevée dans le tableau correspondant de la norme ISO 13857 : (Distance de sécurité en fonction des ouvertures des protecteurs). Cette dernière valeur est nécessaire s'il est possible de passer les doigts ou la main dans l'ouverture en direction de la zone dangereuse avant qu'un signal d'arrêt ne soit initié.

Les protecteurs verrouillés qui déclenchent l'arrêt de la machine doivent respecter une distance de sécurité calculée de manière analogue à celle des ESPE. En alternative, les dispositifs à interverrouillage peuvent empêcher l'accès tant que le danger est encore présent.



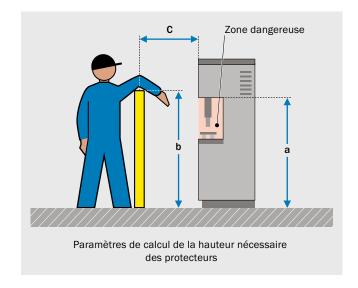


→ Calcul de la distance minimale pour les protecteurs verrouillés : ISO 13855 (norme de type B)

# Hauteur nécessaire des protecteurs

On applique aux protecteurs la même procédure que pour les ESPE. Selon le potentiel de danger, différents tableaux de calcul sont à prendre en compte.

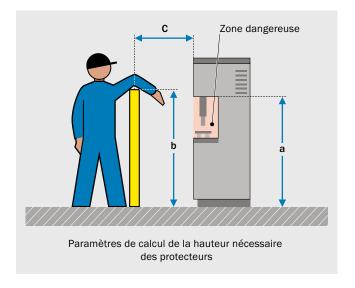
Pour éviter un contournement des protecteurs par-dessous, il suffit en général de les positionner à 200 mm au-dessus du plan de référence.



## Hauteur nécessaire des protecteurs en cas de danger potentiel faible selon ISO 13857

Hauteur a de la zone dangereuse (mm)	Distance horizontale C jusqu'à la zone dangereuse (mm)									
2.500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2.400	100	100	100	100	100	100	100	100	0	
2.200	600	600	500	500	400	350	250	0	0	
2.000	1.100	900	700	600	500	350	0	0	0	
1.800	1.100	1.000	900	900	600	0	0	0	0	
1.600	1.300	1.000	900	900	500	0	0	0	0	
1.400	1.300	1.000	900	800	100	0	0	0	0	
1.200	1.400	1.000	900	500	0	0	0	0	0	
1.000	1.400	1.000	900	300	0	0	0	0	0	
800	1.300	900	600	0	0	0	0	0	0	
600	1.200	500	0	0	0	0	0	0	0	
400	1.200	300	0	0	0	0	0	0	0	
200	1.100	200	0	0	0	0	0	0	0	
0	1.100	200	0	0	0	0	0	0	0	
				Hauteur	b du protecte	eur (mm)				
	1.000	1.200	1.400	1.600	1.800	2.000	2.200	2.400	2.500	

# Hauteur nécessaire des protecteurs en cas de danger potentiel important selon ISO 13857



Hauteur a de la zone dangereuse (mm)	Distance horizontale C jusqu'à la zone dangereuse (mm)									
2.700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.600	900	800	700	600	600	500	400	300	100	0
2.400	1.100	1.000	900	800	700	600	400	300	100	0
2.200	1.300	1.200	1.000	900	800	600	400	300	0	0
2.000	1.400	1.300	1.100	900	800	600	400	0	0	0
1.800	1.500	1.400	1.100	900	800	600	0	0	0	0
1.600	1.500	1.400	1.100	900	800	500	0	0	0	0
1.400	1.500	1.400	1.100	900	800	0	0	0	0	0
1.200	1.500	1.400	1.100	900	700	0	0	0	0	0
1.000 ①	1.500	1.400	1.000	800	0 2	0	0	0	0	0
800	1.500	1.300	900	600	0	0	0	0	0	0
600	1.400	1.300	800	0	0	0	0	0	0	0
400	1.400	1.200	400	0	0	0	0	0	0	0
200	1.200	900	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1.100	500	0	0	0	0	0	0	0	0
				Нац	ıteur <mark>b</mark> du p	rotecteur (r	nm)			
	1.000	1.200	1.400	1.600	1.800 ③	2.000	2.200	2.400	2.500	2.700

Procédez comme suit pour déterminer la hauteur nécessaire du bord supérieur du moyen de la structure de protection pour cette distance de sécurité :

- Calculez la hauteur du point dangereux a et cherchez cette valeur dans la colonne de gauche du tableau, par ex. 1.000 mm.
- 2. Sur la ligne correspondante, notez la première colonne indiquant une distance horizontale **C** inférieure à la distance de sécurité calculée, par ex. « 0 ».
- 3. Dans la ligne inférieure du tableau, lisez la hauteur **b** résultante du protecteur, par ex. 1.800 mm

### Exemple avec danger potentiel élevé

Le protecteur doit commencer à 200 mm du sol et aller jusqu'à 1.800 mm. Si le protecteur doit présenter une hauteur de 1.600 mm de haut, la distance de sécurité doit être au minimum de 800 mm.

→ Distances de sécurité et hauteur de la structure de protection nécessaire : ISO 13857

### Distance minimale des protecteurs fixes

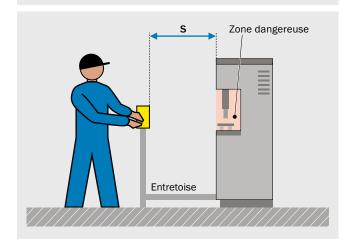
#### Avec:

- S la distance minimale en millimètres mesurée depuis l'organe de commande jusqu'au point dangereux le plus
- K un paramètre en millimètres par seconde, dérivé des données de vitesse d'approche du corps ou des parties du corps humain, en général défini à 1.600 mm/s.
- T le temps d'arrêt complet du système entier en secondes à partir du relâchement de l'organe de commande.
- C un facteur de supplément : 250 mm. Peut être ignoré dans certaines conditions (par ex. avec un recouvrement adapté du dispositif de commande).

Lorsque la commande bimanuelle est placée sur des supports déplaçables, le respect de la distance minimale nécessaire doit être assuré par des entretoises ou une longueur limitée des câbles (pour empêcher l'opérateur de l'emporter à un emplacement non autorisé).

Exemple: distance minimale d'une commande bimanuelle

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



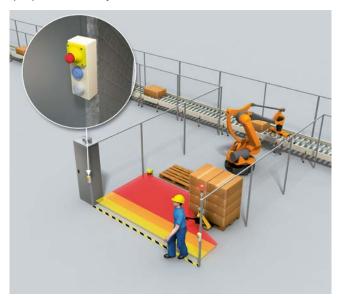
→ Calcul de la distance minimale : ISO 13855 (norme de type B)

### Réarmement et redémarrage

Lorsqu'un dispositif de protection a envoyé un ordre d'arrêt, l'arrêt doit être maintenu jusqu'à ce qu'un dispositif manuel de réarmement (reset) soit actionné et que l'état sûr nécessaire pour le redémarrage ultérieur soit assuré (restart). Une exception à ce principe est l'utilisation de dispositifs de protection qui permettent une détection permanente des personnes exposées dans la zone dangereuse (par ex. prévention du contournement).

La fonction de réarmement manuel doit être assurée par un dispositif séparé, à actionner manuellement. L'appareil doit être conçu de manière à résister aux sollicitations prévisibles et à ne pouvoir atteindre l'effet prévu que par un actionnement intentionnel ( $\triangle$  les écrans tactiles ne conviennent pas). Selon la norme ISO 13849-1 (al. 5.2.2), le réarmement ne doit être réalisé qu'en relâchant l'organe de service à partir de sa position active (marche). C'est pourquoi, pour le traitement des signaux, il faut détecter le front descendant du signal du dispositif de commande, c'est-à-dire que l'acquittement ne doit être réalisé qu'en relâchant l'organe de service de sa position de marche (élément activé). Cet acquittement ne doit être possible que si toutes les fonctions de sécurité et tous les dispositifs de protection sont opérationnels.

L'élément à actionner pour le réarmement doit se trouver à un emplacement sûr, hors de la zone dangereuse. Depuis cet emplacement, l'ensemble de la zone dangereuse doit être parfaitement visible. Ainsi, on peut s'assurer en toute sécurité que personne ne s'y trouve.



La touche reset est positionnée de telle sorte que, depuis cet emplacement, la zone dangereuse soit visible dans son intégralité pour le réarmement du dispositif de protection.

Le signal du dispositif de réarmement fait partie intégrante de la fonction de sécurité et doit donc être

- soit câblé de manière discrète sur l'unité logique de sécurité
- soit transmis par un système de bus de sécurité.

Le réarmement ne doit entraîner aucun mouvement ni situation dangereuse. En revanche, le système de commande de la machine peut accepter une commande de démarrage séparée après le réarmement.

#### Protection de points dangereux sans réarmement



De cette manière, il est impossible de se tenir dans la zone dangereuse sans déclencher le dispositif de protection. Il n'est donc pas nécessaire de recourir à un réarmement séparé (Reset) de celui-ci.

# Intégration des dispositifs de protection dans le système de commande

Outre les aspects mécaniques, un dispositif de protection doit également être intégré dans le système de commande.

« Les systèmes de commande sont des modules fonctionnels du système d'information d'une machine et réalisent des fonctions logiques. Ils coordonnent les flux de matériaux et d'énergie dans le domaine d'action de l'outil et du système de fabrication de pièces en fonction du travail à effectuer. [...] Les systèmes de commande se différencient en fonction de la technologie utilisée, c'est-à-dire des porteurs d'informations, en commandes fluidiques, électriques et électroniques. »

Extrait de : Alfred Neudörfer : Konstruieren sicherheitsgerechter Produkte, Springer-Verlag, Berlin u. a., ISBN 978-3-642-33889-2 (5ème édition 2013), Conception de produits sûrs, maison d'édition Springer Verlag

Le terme général de système de commande décrit l'ensemble de la chaîne d'un système de commande. Un système de commande se compose d'un élément d'entrée, d'une unité logique, d'un élément de puissance ainsi que d'un élément d'entraînement/actif.

Les éléments de sécurité du système de commande doivent exécuter des fonctions de sécurité. Leur fiabilité et leur résistance aux défauts sont donc soumises à des exigences particulières. Ils se distinguent par des principes de maîtrise des défauts et de prévention des défauts.

Coi	mmande		Aspects de sécurité							
	ncipe d'action la commande	Éléments typiques	Perturbations	Explications						
	Pneumatique	<ul> <li>Vannes multivoies</li> <li>Clapets de purge</li> <li>Vannes d'arrêt à main</li> <li>Filtres à séparateur d'eau</li> <li>Flexibles</li> </ul>	<ul> <li>Variations d'énergie</li> <li>Propreté et teneur en eau de l'air comprimé</li> </ul>	Réalisée le plus souvent comme commande électropneumatique. Nécessité d'une unité de maintenance pour la préparation de l'air comprimé.						
Fluidique	Hydraulique	<ul> <li>Accumulateur de pression</li> <li>Limiteur de pression</li> <li>Vannes multivoies</li> <li>Filtres</li> <li>Témoin de niveau</li> <li>Témoin de température</li> <li>Flexibles et câbles</li> <li>Raccords vissés</li> </ul>	<ul> <li>Propreté</li> <li>Viscosité</li> <li>Température du liquide sous pression</li> </ul>	Réalisée le plus souvent comme commande électrohydraulique. Nécessité de mesures pour limiter la température et la pression dans le système et pour filtrer le fluide.						
	Électroméca- nique	<ul> <li>Dispositifs de commande :</li> <li>interrupteurs de position</li> <li>sélecteurs</li> <li>boutons</li> <li>Dispositifs de commutation :</li> <li>contacteurs de commande</li> <li>Relais</li> <li>contacteurs de puissance</li> </ul>	<ul> <li>Classe de protection des appareils</li> <li>Sélection, dimensionnement et disposition des modules et appareils</li> <li>Exécution et pose des câbles</li> </ul>	De par leur construction et les posi- tions univoques de commutation, s'ils sont bien choisis, les éléments sont insensibles à l'humidité, aux variations de température et aux perturbations électromagnétiques.						
Électrique	Électronique	Composants isolés, par ex.:     transistors     résistances     condensateurs     bobines      Modules intégrés, par ex. circuits intégrés (CI)	Comme pour « électromécanique ». De plus :  • Variations de température  • Perturbations électromagnétiques couplées via les câbles ou les champs	L'exclusion des défauts n'est pas possible. Le fonctionnement efficace n'est possible que par les conceptions de commande, pas par le choix des composants.						
	Commande à microproces-seur	<ul><li>Microprocesseurs</li><li>Logiciels</li></ul>	<ul> <li>Erreurs d'installation du matériel</li> <li>Défauts systématiques, y compris de mode commun</li> <li>Erreurs de programmation</li> <li>Erreurs de manipulation</li> <li>Erreurs d'utilisation</li> <li>Manipulations</li> <li>Virus informatiques</li> </ul>	<ul> <li>Mesures de prévention des erreurs :</li> <li>développement structuré</li> <li>analyse de programme</li> <li>simulation</li> <li>Mesures de maîtrise des erreurs :</li> <li>matériel et logiciel redondants</li> <li>test RAM/ ROM</li> <li>test CPU</li> </ul>						

Extrait de : Alfred Neudörfer : Konstruieren sicherheitsgerechter Produkte, Springer-Verlag, Berlin u. a., ISBN 978-3-642-33889-2 (5ème édition 2013), Conception de produits sûrs, maison d'édition Springer Verlag

Les éléments d'entrée de sécurité ont été décrits précédemment avec les capteurs de sécurité (dispositifs de protection). C'est pourquoi seuls les unités logiques et les actionneurs sont traités ci-après.

Pour envisager les actionneurs du point de vue de la sécurité, on se rapporte aux éléments de commande de puissance. Les défauts et défaillances des éléments d'entraînement/actifs sont généralement exclus (un moteur sans énergie passe à un état sans danger).

Les commandes fluidiques sont fréquemment réalisées comme commandes électropneumatiques ou électrohydrauliques. Cela signifie que les signaux électriques sont convertis par des vannes en énergie fluidique pour déplacer des vérins et autres actionneurs.

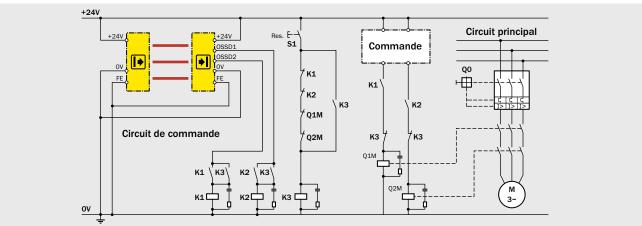
→ Exemples de câblage pour intégration de dispositifs de protection sur le site www.sick.com

# Unités logiques

Une unité logique associe différents signaux d'entrées de fonctions de sécurité pour générer des signaux de sortie. Pour cela, on peut utiliser des composants électromécaniques, électroniques ou électroniques programmables.

**Attention**: selon la fiabilité nécessaire, les signaux des dispositifs de protection ne doivent pas être traités exclusivement par des systèmes de commande standard. Des circuits de coupure parallèles doivent être présents.

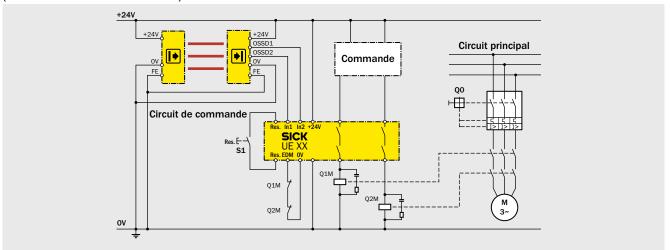
## Unité logique avec contacteurs



Des contacteurs auxiliaires simples à contacts guidés permettent de réaliser des commandes avec pratiquement n'importe quel degré de complexité. Ce principe de sécurité se caractérise par la redondance et la surveillance au moyen de contacts à manœuvre positive d'ouverture. L'intégration logique est réalisée par le câblage.

Fonctionnement: Lorsque les contacteurs K1 et K2 sont au repos, le contacteur K3 est activé et se maintient si S1 est actionné. Si aucun objet n'est détecté dans le champ de protection actif, les sorties OSSD1 et OSSD2 passent à l'état haut. Les contacteurs K1 et K2 sont activés via les contacts à fermeture de K3 et se maintiennent. K3 est coupé lorsque le bouton S1 est relâché. C'est seulement à ce moment que les circuits de sortie sont fermés. En cas de détection d'un objet dans le champ de protection actif, les contacteurs K1 et K2 ne sont plus alimentés par les sorties OSSD1 et OSSD2.

# Unité logique en tant dispositif de coupure de sécurité (combinaison de relais de sécurité)



Les relais de sécurité regroupent dans un seul boîtier une ou plusieurs fonctions de sécurité. Ils incluent en général des fonctions d'autosurveillance. Les circuits de coupure peuvent être à contacts ou à semi-conducteurs. Ils peuvent également contenir des contacts d'état.

Cela permet de simplifier la réalisation d'applications de sécurité complexes. En outre, le relais de sécurité certifié réduit les coûts de validation des fonctions de sécurité. Des composants à semi-conducteurs peuvent assurer le travail des éléments de commutation électromécaniques au lieu des relais. Grâce à des mesures de détection des défauts telles que le traitement de signaux dynamiques, ou à des mesures de maîtrise des défauts telles que le traitement multivoie des signaux, les commandes purement électroniques peuvent atteindre le degré de fiabilité requis.

#### Unité logique avec composants à base de logiciel

Progressant de manière similaire à l'automatisation, la sécurité est passée des contacteurs auxiliaires câblés aux relais de sécurité, intégrant parfois des logiques de sécurité paramétrables et configurables, jusqu'aux API de sécurité complexes. Le concept de « composants éprouvés » et les « principes de sécurité éprouvés » doivent être transposés aux systèmes électriques et électroniques programmables.

L'opération logique de la fonction de sécurité est alors réalisée par un logiciel. Au niveau logiciel, on distingue le firmware – développé et certifié par le fabricant du système de commande – et l'application de sécurité elle-même. Celle-ci est développée par le fabricant de la machine dans les langages mis à disposition par le firmware.

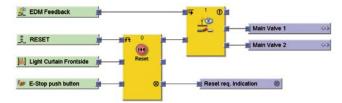
#### Paramétrage

Sélection de caractéristiques parmi un catalogue prédéfini de fonctionnalités au moyen de sélecteurs/paramètres logiciels au moment de la mise en service.

Caractéristiques : niveau logique simple, logique ET/OU Configuration

Association flexible de blocs de fonction prédéfinis dans une logique certifiée à l'aide d'une interface de programmation, par ex. pour le paramétrage des heures et la configuration des entrées/sorties du système de commande.

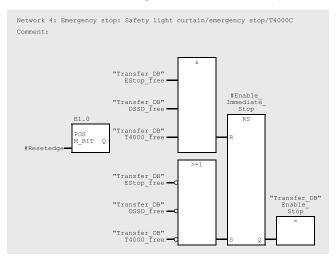
Caractéristiques : niveau logique au choix, logique binaire



#### **Programmation**

Organisation libre de la logique avec des fonctions dépendant du langage de programmation prédéfini, le plus souvent en utilisant des blocs de fonction certifiés.

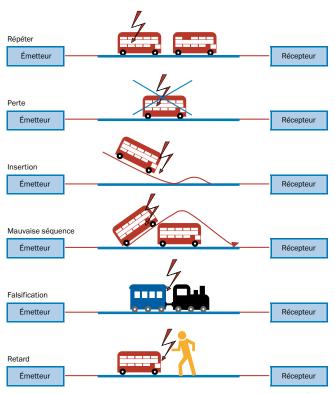
Caractéristiques : niveau logique au choix, traitement par mots



### Transmission fiable des données

On utilise des systèmes de bus pour transmettre les signaux entre le système de commande et les capteurs ou les actionneurs de la machine. D'autre part, les systèmes de bus sont chargés de transmettre les informations d'état entre différentes parties des commandes. Un système de bus facilite le câblage et réduit ainsi les risques d'erreur. Pour des applications de sécurité, il est judicieux d'utiliser des systèmes de bus conçus à cet effet.

Une étude approfondie des différents défauts matériels et logiciels montre que ces défauts se traduisent toujours par les quelques mêmes défauts de transmission des systèmes de bus.



Source : Construction de presses et de machines de traitement du papier conforme aux règles de sécurité – Équipement et commandes électriques ; BG Impression et traitement du papier ; édition 06/2004 ; page 79

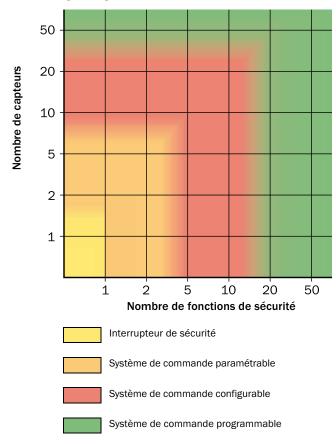
Pour contrer les défauts de transmission ci-dessus, il existe une multitude de mesures applicables dans le système de commande en amont, par ex. la numérotation continue des té-légrammes de sécurité ou l'attente des télégrammes entrants avec acquittement. Les extensions de protocole sur la base du bus de terrain utilisé incluent ce type de mesures.

Elles s'appliquent, dans le modèle des couches ISO/OSI, au-dessus de la couche de transport et utilisent ainsi le bus de terrain sans modification avec tous ses composants de « black channel ». Les bus de terrain de sécurité suivants font partie des systèmes les plus répandus :

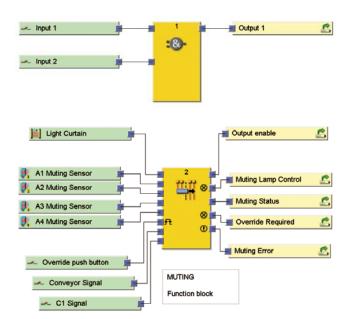
- AS-i Safety at Work
- · DeviceNet Safety
- PROFIsafe

### Critères de sélection

Les critères de sélection d'un système de commande sont d'abord le nombre de fonctions de sécurité à réaliser et l'étendue des associations logiques entre les signaux d'entrée. La fonctionnalité de la logique de connexion nécessaire – par ex. ET simple, flip-flop ou fonctions spéciales telles que l'inhibition (muting) – a également une influence sur le choix.



	Modèle matriciel  0 = 0 logique ou ARRÊT  S = validation actionneur (redémarrage)  I = 1 logique ou MARCHE - = état quelconque		Sorties de sécurité					
			Effet		Table à gauche	Table à droite		
		Cas		Robot	Table	Table	:	
	Position perdue  Robot à gauche		0	-	-			
			S	-	-			
	ité	Robot à droite		S	-	-		
	Entrées de sécurité	Robot au centre		S	-	-		
		Accès gauche		S	I	-		
		Accès droite		-	-	I		
	Entre	Arrêt d'urgence		0	0	0		
	_							



### Spécification logicielle

Pour éviter l'apparition d'une situation dangereuse, il faut en particulier développer les unités logiques à base de logiciel de manière à éviter avec fiabilité les erreurs de logique. Pour détecter les erreurs systématiques, il faut qu'une autre personne que le développeur assure un contrôle systématique selon le principe des « deux paires d'yeux ».

Le modèle matriciel constitue une possibilité de réaliser simplement cette spécification. Des combinaisons données de signaux d'entrées de sécurité sont regroupées en cas distincts (par ex. « position perdue » ou « robot à gauche »). Ces cas doivent agir sur les fonctions de la machine via les sorties de sécurité selon les indications de la fonction de sécurité. SICK utilise également cette méthode simple pour concevoir les logiciels d'application.

Il est utile d'effectuer un examen avec tous les participants du projet.

Si les programmes sont mal documentés et mal structurés, les erreurs apparaissent lors de modifications ultérieures, et il existe en particulier un risque de relations ignorées, qualifiées d'effets secondaires. C'est pourquoi, surtout avec les logiciels développés par des tiers, de bonnes spécifications et une documentation du programme bien rédigée ont une importance particulière pour la prévention des erreurs.

### Éléments de commande de puissance

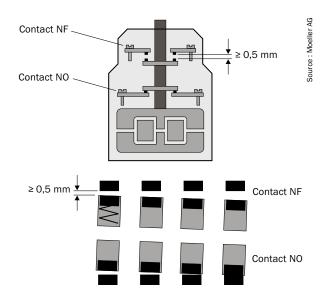
La fonction de sécurité activée par les dispositifs de protection et l'unité logique doit stopper un mouvement dangereux. Pour cela, on coupe généralement les éléments d'entraînement/actionnement au moyen d'éléments de commande de puissance.

→ Principe de l'arrêt/coupure d'énergie : ISO 13849-2 (norme B)

### Contacteurs

Le type d'élément de puissance le plus utilisé est le contacteur électromécanique. Avec des critères de sélection, des câblages et des mesures spécifiques, un ou plusieurs contacteurs peuvent représenter un sous-système de la fonction de sécurité. En protégeant les contacts contre les surcharges et les courts-circuits, en les surdimensionnant (généralement d'un facteur 2) et avec d'autres mesures, on peut considérer un contacteur comme un composants éprouvé. Pour pouvoir diagnostiquer les contacteurs aux fins de fonctions de sécurité, il faut un retour univoque de l'état de commutation (EDM), ce qui est possible en utilisant un contacteur à contacts guidés. Les contacts sont dits guidés lorsque, dans un jeu de contacts, ils sont liés mécaniquement de telle sorte qu'un contact NO et un contact NF ne puissent jamais être fermés simultanément pendant toute la durée de vie du dispositif.

La notion de « contacts guidés » se rapporte d'abord aux contacteurs et contacts auxiliaires. Un écart défini d'au moins 0,5 mm doit être assuré sur un contact NF, même à l'apparition d'un état de défaut (contact à fermeture collé). Étant donné que les contacteurs à puissance de commutation réduite (< 4 kW) ne présentent pas de grande différence entre les éléments de commutation principaux et auxiliaires, on peut également parler de « contacts guidés » dans ce cas. Pour les contacteurs de puissance plus importants, on utilise des contacts dits « miroirs » : tant que l'un des contacts principaux d'un contacteur est fermé, aucun contact miroir (contact auxiliaire NF) ne peut être fermé. Une application typique des contacts miroirs est la surveillance extrêmement fiable de l'état de commutation d'un contacteur dans le circuit électrique de commande des machines.



Système de contacts d'un contacteur à manœuvre positive d'ouverture. Un contact NO est collé.

### Câblage de protection

Les dispositifs à inductance, comme les bobines de vannes ou de contacteurs, doivent être pourvus de câblages de protection pour limiter les surtensions transitoires à la coupure. Les éléments de commutation sont alors protégés des surcharges, en particulier les semi-conducteurs très sensibles à la surtension.

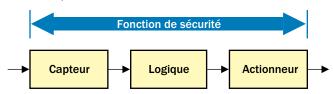
En règle générale, ces filtres ont une influence sur la temporisation à la retombée et donc sur la distance minimale nécessaire du dispositif de protection (→ 3-42). Par exemple, une simple diode de pare-étincelle peut entraîner une multiplication par 14 du temps de coupure.

Câblage de protection (par inductance)	Diode	Combinaison de diodes	Varistor	Circuit RC
中	*	<b>*</b>	υ <b>.</b>	<u> </u>
Protection contre la surtension	très haute	haute	limitée	haute 1)
Temporisation à la retombée	très longue (important pour la sécurité)	courte (mais à prendre en compte)	très courte (sans incidence pour la sécurité)	très courte 1) (sans incidence pour la sécurité)

1) Il faut adapter précisément l'élément à l'inductance!

### Entraînements

Lors de l'étude des fonctions de sécurité, les entraînements constituent un élément de fonction central, puisqu'ils présentent notamment un risque de mouvement involontaire. La fonction de sécurité s'étend du capteur à l'actionneur (voir illustration).



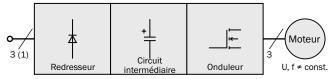
Selon la réalisation technique et la fonction de sécurité, l'actionneur peut comprendre plusieurs composants (contacteur, variateur, feedback). Les systèmes de freinage et d'arrêt sont également à prendre en compte pour les axes soumis à la gravité.

L'entraînement en lui-même (moteur) n'est pas pris en considération.

### Servovariateurs et convertisseurs de fréquence

Dans le domaine des entraînements, les moteurs triphasés à convertisseur de fréquence ont en grande partie remplacé les moteurs à courant continu. Le convertisseur génère à partir du réseau à courant continu fixe une tension de sortie à fréquence et amplitude variables. Selon la version, des redresseurs régulés peuvent réinjecter dans le réseau l'énergie accumulée dans le circuit intermédiaire lors du freinage.

Le redresseur convertit l'énergie électrique du réseau et l'injecte dans le circuit intermédiaire à courant continu. L'onduleur module la largeur des impulsions par des commutateurs à semi-conducteurs pour générer un champ tournant adéquat dans le moteur et exécuter les fonctions de régulation souhaitées. Les fréquences de commutation habituelles se situent entre 4 kHz et 12 kHz.



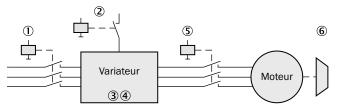
Pour limiter les surtensions transitoires à la commutation des charges dans les circuits à courant continu et alternatif, des composants anti-parasites doivent être utilisés, en particulier en présence de modules électroniques sensibles dans la même armoire électrique.

### Check-list

- Le filtre d'entrée réseau est-il intégré au convertisseur de fréquence?
- Le circuit de sortie du convertisseur est-il pourvu d'un filtre sinusoïdal?
- Les câbles de connexion sont-ils aussi courts que possible et blindés ?
- Les composants et blindages sont-ils raccordés à la terre/PE avec un contact assez large?
- La self de commutation destinée à limiter les pics de courant est-elle intercalée ?

# Fonctions de sécurité avec servovariateur et convertisseur de fréquence

Pour mettre en œuvre la fonction de sécurité, différents circuits de coupure sont possibles dans le sous-système actionneur :



- ① Contacteur réseau peu pratique à cause du temps de redémarrage long et de l'usure élevée due au courant de démarrage
- 2 Déblocage du variateur sans incidence pour la sécurité
- ③ Blocage d'impulsions « fonction de réarmement de sécurité (arrêt) »
- 4 Consigne sans incidence pour la sécurité
- Contacteur moteur pas autorisé avec tous les convertisseurs
- 6 Frein d'arrêt généralement pas de frein de service

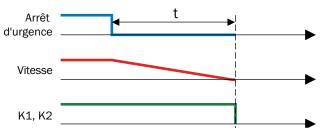
Une fonction de sécurité peut être réalisée de différentes manières avec un variateur :

- par déconnexion de l'alimentation en énergie, par ex. au moyen d'un contacteur réseau ① ou d'un contacteur moteur ⑤.
- par des circuits externes de surveillance, par ex. la surveillance d'un codeur
- par des fonctions partielles de sécurité intégrées directement dans le variateur (→ 3-76)

### Déconnexion de l'alimentation en énergie

Avec les convertisseurs, il faut tenir compte, lors de l'évaluation des risques, de l'énergie stockée dans les capacités du circuit intermédiaire et/ou de l'énergie dégagée par un freinage générateur.

Lors de l'étude de la course résiduelle, il faut supposer que la commande du mouvement ne génère aucune rampe de freinage. Après coupure de l'alimentation, l'entraînement s'arrête plus ou moins rapidement en fonction de la friction (catégorie d'arrêt 0). L'application d'une rampe de freinage par modification de la consigne et/ou libération du variateur puis coupure des contacteurs ou blocage des impulsions (catégorie d'arrêt 1) peut réduire la course de freinage.



### Détection de vitesse par unités externes de surveillance

Pour surveiller l'entraînement, les unités externes ont besoin de signaux leur fournissant les paramètres de mouvement actuels. Dans ce cas, la source des signaux est constituée de capteurs et de codeurs qui doivent être, selon le niveau de performance PL ou niveau d'intégrité de sécurité SIL exigé, soit en version de sécurité, soit en configuration redondante. En alternative, la surveillance d'arrêt peut aussi être réalisée en lisant la tension induite par le moteur en train de s'arrêter. Ce principe fonctionne également pour les entraînements à régulation de vitesse.

Fonctions de sécurité partielles intégrées dans le variateur Les fonctions de sécurité sont exécutées par les éléments de sécurité des systèmes de commande (SRP/CS). Elles comprennent les fonctions de détection (capteur), de traitement (unité logique) et de commutation ou action (actionneur). Dans ce contexte, les fonctions de sécurité intégrées dans le variateur sont à considérer comme des fonctions de sécurité partielles.

En général, on les divise en deux groupes :

- Fonctions de freinage et d'arrêt de sécurité : elles servent à assurer l'arrêt de l'entraînement en toute sécurité (arrêt de sécurité).
- Fonctions de mouvement de sécurité : elles assurent la surveillance de sécurité de l'entraînement pendant le fonctionnement (par ex. vitesse réduite de sécurité).

En général, la fonction de surveillance de l'entraînement nécessaire dépend de l'application. Des paramètres tels que la course de freinage requise, la présence d'énergie cinétique, etc. sont des conditions déterminantes. La réaction à la coupure varie selon la fonction de sécurité partielle choisie. Par exemple, la fonction d'absence sûre du couple (STO) peut entraîner une poursuite incontrôlée du mouvement en roue libre lors de la commande d'arrêt. En cas d'arrêt de sécurité (SS1 ou SS2), le ralentissement est contrôlé. Éventuellement, il peut être utile de combiner plusieurs fonctions partielles.

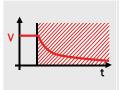
Les interfaces possibles pour le pilotage des fonctions de sécurité partielles intégrées directement dans l'entraînement sont :

- les signaux 24 V discrets
- la communication de commande (canal 1) / 24 V discret (canal 2)
- les systèmes de communication de sécurité (systèmes de bus de terrain/interface de réseau)

On entend par communication de commande le processus où la commande standard envoie une valeur de consigne de vitesse ou de position à l'entraînement via un bus de terrain ou un réseau non sécurisé.

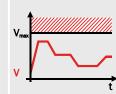
La majorité des fonctions de sécurité partielles actuellement disponibles pour les entraînements à vitesse variable sont spécifiées dans la norme harmonisée CEI 61800-5-2 « Entraînements électriques de puissance à vitesse variable », partie 5-2 « Exigences de sécurité – Fonctionnalité ». Les variateurs conformes à cette norme peuvent être utilisés comme éléments relatifs à la sécurité d'un système de commande selon la norme ISO 13849-1 ou CEI 62061.

# Fonctions de sécurité des entraînements selon EN 61800-5-2



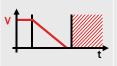
Absence sûre de couple (STO)

- Correspond à la catégorie d'arrêt 0 selon CEI 60204-1
- Arrêt non surveillé par interruption immédiate de l'alimentation en énergie des éléments d'entraînement
- Fonction de verrouillage de redémarrage sûr: empêche un démarrage inattendu du moteur



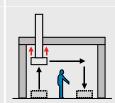
Vitesse maximale sûre (SMS) 1)

 Surveillance sûre de la vitesse maximale quel que soit le mode de fonctionnement



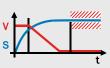
Arrêt de sécurité 1 (SS1) 2)

- Correspond à la catégorie d'arrêt 1 selon CEI 60204-1
- Arrêt contrôlé avec maintien de l'alimentation en énergie des éléments d'entraînement
- Après l'arrêt ou en dessous d'une limite de vitesse : activation de la fonction STO
- En option : surveillance d'une rampe de freinage



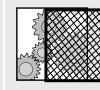
Système de freinage et d'arrêt sûr (SBS) 1)

 Le système de freinage et d'arrêt de sécurité commande et surveille deux freins indépendants.



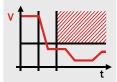
Arrêt de sécurité 2/maintien à l'arrêt sûr (SS2, SOS) 2)

- Correspond à la catégorie d'arrêt 2 selon CEI 60204-1
- Arrêt contrôlé avec maintien de l'alimentation en énergie des éléments d'entraînement
- Après l'arrêt : surveillance sûre de la position des arbres d'entraînement dans une plage définie



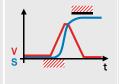
Verrouillage sûr des portes de protection (SDL) 1)

Le déblocage des protecteurs n'intervient que lorsque tous les entraînements d'une zone protégée sont à l'état sûr.



Limitation sûre de la vitesse (SLS)

- Après une commande de validation, une vitesse réduite de sécurité est surveillée en mode de fonctionnement spécifique.
- En cas de dépassement de la vitesse autorisée, une fonction d'arrêt de sécurité est déclenchée.



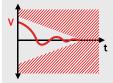
Limitation sûre de l'incrément (SLI)

- Après une validation donnée, un incrément réduit sûr est surveillé en mode de fonctionnement spécifique.
- Une fois la limite atteinte, l'entraînement est stoppé de manière sûre et reste immobilisé.



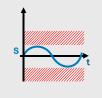
Sens de déplacement sûr (SDI)

Outre le mouvement sûr, le système surveille un sens de rotation (vers la droite/ gauche) de sécurité.



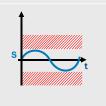
Surveillance sûre de décélération (SMD) 1)

• Surveillance sûre de la décélération lors de l'arrêt avec un comportement prévisionnel



Limitation sûre de position (SLP) 1)

- Outre le mouvement sûr, une plage de position absolue est surveillée.
- En cas de violation des limites, l'entraînement est stoppé au moyen de l'une des fonctions d'arrêt (attention à la course d'arrêt).



Limite de position sûre (SPS)

 Surveillance de commutateurs logiciels de sécurité

1) Non défini dans la norme CEI 61800-5-2.

2) Freinage non sécurisé : si aucune rampe de freinage n'a été définie, une accélération du moteur pendant la temporisation n'est pas détectée.

→ Sécurité fonctionnelle des entraînements de puissance CEI 61800-5-2 (norme B)

Source: Bosch Rexroth AG

### Commandes fluidiques

### Vannes

Toutes les vannes comportent des éléments de commutation mobiles (pistons, coulisseaux, sièges etc.) sujets à une usure mécanique due à leur fonctionnement.

Les principales causes de défaillance importante pour la sécurité des vannes sont :

- la défaillance d'éléments fonctionnels de la vanne (fonction de réarmement, de commutation, d'étanchéité)
- · les impuretés du fluide

Les impuretés constituent une utilisation non conforme et entraînent en général des dysfonctionnements. En principe, on considère pour toutes les vannes que les impuretés provoquent une usure prématurée. Ainsi, les conditions de conception et de construction basées sur une probabilité de défaillance définie ne sont plus remplies.

Les ressorts mécaniques de la fonction de rappel utilisés avec les vannes monostables sont en général conçus pour résister sur la durée et peuvent, selon la norme ISO 13849-2, être considérés comme éprouvés. Il est en revanche impossible d'exclure qu'un défaut puisse entraîner la rupture du ressort. La caractéristique distinctive la plus importante des vannes est la réalisation de l'élément mobile de commutation à l'intérieur de la vanne.

L'état après défaillance des vannes est en grande partie déterminé par leur structure. Tandis que les vannes à siège sont souvent sujettes à des fuites, avec les vannes à piston, c'est souvent un blocage du piston qui pose problème.

Avec les vannes à siège, la fonction de commutation est constituée par l'élément mobile de commutation (porte clapet) qui change de position par rapport à un siège placé dans le boîtier. Cette réalisation permet de libérer une grande section avec une course de commutation courte. Une conception appropriée permet d'éviter les fuites.

Dans les vannes à piston, le corps de vanne ferme ou libère la voie de passage en passant devant un orifice/une rainure de débit.Les modifications des sections du piston par rapport aux modifications de section dans le boîtier ont un impact sur le débit et sont appelées bords de commande. Le « recouvrement » (angl : lap) est une caractéristique essentielle de ce type de vanne. Il correspond à l'écart dans le sens de la longueur entre les bords de commande fixes et mobiles de la vanne. L'écart nécessaire au fonctionnement des vannes à étanchéité métallique entre le piston et l'alésage du boîtier entraîne une fuite en cas de différence de pression.

### Principes de conception de sécurité

Pour l'utilisation de vannes dans les applications de sécurité, un signal de retour de la position de la vanne peut être nécessaire.

Pour cela, on peut employer différents procédés :

- interrupteurs Reed actionnés par un aimant inséré dans le corps mobile de la vanne
- détecteurs de proximité inductifs actionnés directement par l'élément de commutation mobile de la vanne
- détection analogique de course de l'élément de commutation mobile de la vanne
- mesure de pression en aval de la vanne

Pour les vannes électromagnétiques, comme avec un contacteur, il est nécessaire de disposer d'un câblage de protection pour la bobine magnétique. Pour envisager les actionneurs du point de vue de la sécurité au sens de la norme ISO 13849, on se rapporte aux vannes en tant qu'éléments de commande de puissance. La défaillance d'éléments d'entraînement/actifs doit également être considérée en fonction de leurs possibles répercussions.



### Système de filtre

La grande majorité des défaillances de commandes fluidiques est due à des perturbations liées à l'encrassement du fluide utilisé. Les deux principales causes sont :

- intrusion d'impuretés lors du montage = encrassement au montage (par ex. copeaux, sable de moules, fibres de chiffon, salissures du sol)
- intrusion d'impuretés pendant le fonctionnement = encrassement à l'exploitation (par ex. saleté ambiante, usure des composants)

Ces impuretés doivent être réduites à un niveau acceptable au moyen de filtres.

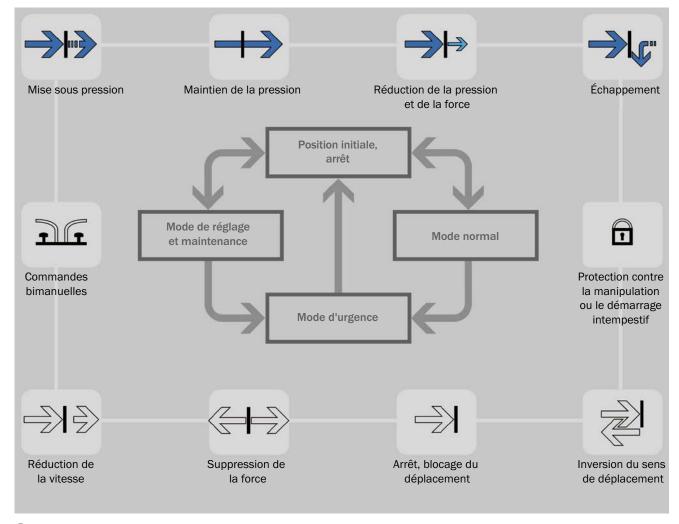
Par système de filtre, on entend le choix adéquat d'un principe de filtration pour la tâche à réaliser ainsi que la disposition des filtres à un emplacement pertinent. Le système de filtre doit être conçu de manière à être en mesure de retenir toute impureté entrant dans le système entier afin de maintenir la pureté nécessaire du fluide pendant toute la durée d'utilisation.

- → Principes de sécurité éprouvés : EN ISO 13849-2 (norme B)
- → Exigences de sécurité relatives aux installations hydrauliques/pneumatiques : ISO 4413, ISO 4414
- → Processus de vieillissement des vannes hydrauliques : rapport BIA 6/2004

### Systèmes pneumatiques de sécurité

Les systèmes de commande électropneumatiques réalisent des fonctions de sécurité comme suit : les signaux électriques envoyés par une unité logique agissent sur les éléments moteurs ou actifs via une combinaison de plusieurs vannes jouant le rôle d'éléments de puissance. Les fonctions de sécurité typiques sont affectées aux modes de fonctionnement d'une

machine comme fonctions de sécurité partielles. Outre les commandes électropneumatiques, il existe aussi les commandes purement pneumatiques. L'avantage de ces solutions réside dans le fait que, grâce au comportement déterministe de la pneumatique, les fonctions de sécurité partielles peuvent assez simplement être mises en œuvre de manière purement pneumatique.



- Action pneumatique directe sur le mouvement
- Action pneumatique indirecte sur le mouvement

Source: Festo AG & Co. KG - Leitfaden Sicherheitstechnik (version anglaise : Safety engineering guidelines)

### Présentation de la gamme Sécurité



### Services SICK

Avec l'aimable autorisation de : 1) Bosch Rexroth AG, 2) FESTO AG & Co. KG, 3) Eaton Industries GmbH, 4) SEW-EURODRIVE GmbH & Co. KG.

→ Vous trouverez l'ensemble des produits SICK en ligne sur le site www.sick.com

### Résumé: concevoir la fonction de sécurité

### Généralités

- Élaborer une stratégie de sécurité. Vous devez tenir compte des caractéristiques de la machine, de l'environnement, des facteurs humains, des caractéristiques de conception et de celles des moyens de protection.
- Développer les fonctions de sécurité avec le niveau de sécurité requis. Les fonctions de sécurité sont en général constituées de trois sous-systèmes : capteur, logique et actionneur.
- Le niveau de sécurité de chaque sous-système est défini en fonction des paramètres relatifs à la sécurité suivants : architecture, fiabilité, diagnostic, résistance et processus.

### Caractéristiques et mise en œuvre des moyens de protection

- Déterminer les caractéristiques nécessaires pour votre moyen de protection. Par exemple, avez-vous besoin d'un ou plusieurs équipements de protection électro-sensibles (ESPE), de protecteurs, fixes ou mobiles ?
- Déterminer le positionnement et les dimensions correctes de chaque moyen de protection, en particulier la distance de sécurité ou la distance minimale et l'étendue/hauteur nécessaire du champ de protection.
- Intégrer les moyens de protection comme indiqué dans la notice d'instruction et selon les obligations du niveau de sécurité.

### Unités logiques

- Choisir l'unité logique adéquate en fonction du nombre de fonctions de sécurité et du niveau logique.
- Utiliser des blocs de fonction certifiés et maintenir la lisibilité de votre concept.
- Faire contrôler en détail le projet et sa documentation (principe des deux paires d'yeux).

# Étape 3d : vérifier la fonction de sécurité

Lors de la vérification, l'analyse et/ou le contrôle établit que la fonction de sécurité répond aux objectifs et exigences des spécifications à tous points de vue.

# Vérification de la conception mécanique du moyen de protection

Les moyens de protection mécaniques doivent être contrôlés pour vérifier s'ils répondent aux exigences en matière de séparation ou de distance par rapport aux points dangereux et en matière de retenue des pièces éjectées ou des rayonnements. Une importance particulière doit être accordée au respect des exigences ergonomiques.

### Séparation et/ou maintien à distance

- distance de sécurité et dimensionnement suffisants (contournement par-dessus, par-dessous, etc.)
- pour les éléments de clôture, largeur des mailles ou écartement des barreaux adaptés
- solidité suffisante et fixation adaptée
- choix des matériaux
- conception sûre
- résistance au vieillissement
- conception empêchant d'escalader le moyen de protection

La vérification comprend pour l'essentiel deux étapes :

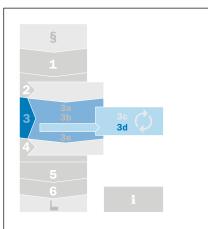
- vérification de la sécurité mécanique
- vérification de la sécurité fonctionnelle

# Retenue des pièces éjectées et/ou des rayonnements

- solidité suffisante, résistance aux chocs, à la rupture (capacité de rétention)
- capacité de rétention suffisante pour le type de rayonnement concerné, en particulier pour les dangers thermiques (chaleur, froid)
- pour les éléments de clôture, largeur des mailles ou écartement des barreaux adaptés
- solidité suffisante et fixation adaptée
- choix des matériaux
- conception sûre
- · résistance au vieillissement

### **Exigences ergonomiques**

- visibilité ou transparence (surveillance du fonctionnement de la machine)
- · conception, couleur, esthétique
- manipulation (poids, prise en main, etc.)



### Dans ce chapitre...

Vérification de la sécurité mécanique3-83
vérification de la sécurité fonctionnelle
Calculer le niveau de performance (PL) atteint selon la norme ISO 13849-1
Alternative : calculer le niveau d'intégrité de sécurité (SIL) atteint selon CEI 620613-95
Aide 3-100
Résumé

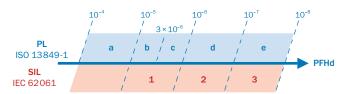
On peut vérifier l'efficacité d'un moyen de protection au moyen d'une check-list :

Exemp	Exemple : check-list à l'attention du fabricant/intégrateur pour l'installation de dispositifs de protection (par ex. un ESPE)					
1.	L'accès à la zone/au point dangereux est-il correctement empêché, est-il seulement possible via des zones protégées (ESPE / portes de protection verrouillées)?	Oui 🗌	Non 🗌			
2.	En cas de protection de zone/point dangereux, des mesures ont-elles été prises pour empêcher ou surveiller une présence non protégée dans la zone dangereuse (prévention mécanique du contournement), ces mesures sont-elles protégées ou verrouillées contre leur suppression ?	Oui 🗌	Non			
3.	Le dispositif de protection correspond-il au niveau de fiabilité requis (niveau de performance PL ou niveau d'intégrité de sécurité SIL) pour la fonction de sécurité ?	Oui 🗌	Non			
4.	Le temps d'arrêt maximum ou le temps d'arrêt complet de la machine a-t-il été mesuré et est-il indiqué (sur la machine et/ou dans son dossier) et documenté ?	Oui 🗌	Non			
5.	La distance minimale/de sécurité nécessaire du dispositif de protection par rapport au point dangereux le plus proche est-elle respectée ?	Oui 🗌	Non 🗌			
6.	Le contournement par-dessus/par-dessous/par les côtés du dispositif de protection est-il efficacement empêché?	Oui 🗌	Non			
7.	Les appareils/interrupteurs sont-ils correctement fixés et sécurisés contre tout déplacement après réglage ?	Oui 🗌	Non			
8.	Les mesures de protection obligatoires de prévention des risques électriques sont-elles efficaces (classe de protection) ?	Oui 🗌	Non			
9.	Le dispositif de commande de réarmement du dispositif de protection ou de redémarrage de la machine est-il présent et correctement installé ?	Oui 🗌	Non			
10.	Les composants utilisés pour les dispositifs de protection sont-ils intégrés conformément aux indications des fabricants ?	Oui 🗌	Non			
11.	Les fonctions de protection prévues sont-elles efficaces pour chacune des positions du sélecteur de mode de fonctionnement ?	Oui 🗌	Non 🗌			
12.	Les dispositifs de protection sont-il actifs pendant la totalité de la durée de la situation dangereuse ?	Oui 🗌	Non			
13.	Si les dispositifs de protection sont arrêtés/débranchés, si le mode de fonctionnement est modifié ou si la protection est basculée sur un autre équipement, une situation dangereuse ainsi potentiellement induite cesse-t-elle immédiatement ?	Oui 🗌	Non 🗌			
14.	Les remarques accompagnant le dispositif de protection sont-elles clairement visibles pour les opérateurs ?	Oui 🗌	Non			

### Vérification de la sécurité fonctionnelle

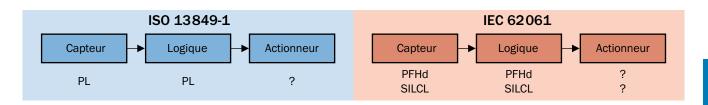
D'après les normes concernant la sécurité fonctionnelle, il faut vérifier si le niveau de sécurité requis correspond au niveau de sécurité réel. Pour cela, on dispose de deux méthodes :

- calculer le niveau de performance (PL) atteint selon la norme EN ISO 13849-1
- calculer le niveau d'intégrité de sécurité (SIL) atteint selon CEI 62061



Les deux méthodes vérifient si le niveau de sécurité requis peut être atteint. La valeur quantitative utilisée est la valeur PFHd. Dans les deux exemples ci-après (→ 3-93 et → 3-98) les données du capteur et de la logique sont disponibles, mais pas celles de l'actionneur.

- Niveau de performance PL: capacité des éléments de sécurité à exécuter une fonction de sécurité dans des conditions prévisibles afin de réduire les risques comme prévu
- PFHd : probabilité de défaillance dangereuse par heure
- SILCL : limite d'exigence SIL (aptitude). Niveau discret déterminant l'intégrité de la fonction de sécurité.



# Calculer le niveau de performance (PL) atteint selon la norme ISO 13849-1

La norme ISO 13849-1 prévoit deux méthodes pour déterminer le niveau de performance :

- Procédure simplifiée (→ 3-87): tableau de détermination du niveau de performance en fonction du niveau de performance des sous-systèmes
- Procédure détaillée ( 3-88): calcul du niveau de performance à partir des valeurs PFHd des sous-systèmes. (Cette procédure n'est décrite qu'indirectement dans la norme.)

La procédure détaillée permet souvent d'obtenir un niveau de performance plus réaliste que la procédure simplifiée. Dans les deux procédures, il faut en outre tenir compte des aspects structurels et systématiques relatifs à l'obtention du niveau de performance.

### Sous-systèmes

Une fonction de sécurité réalisée à l'aide de mesures techniques de commande se compose généralement d'un capteur, d'une logique et d'un actionneur. Cette chaîne peut contenir d'une part des éléments discrets tels que les dispositifs de verrouillages de porte de protection ou des vannes, d'autre part des systèmes de commande de sécurité plus complexes. C'est pourquoi il est généralement nécessaire de diviser une fonction de sécurité en sous-systèmes.



Dans la pratique, des fonctions de sécurité données utilisent souvent des sous-systèmes déjà certifiés. Ces sous-systèmes peuvent être par ex. des barrages immatériels ou des systèmes de commande de sécurité dont le niveau de performance ou les valeurs PFHd des composants sont « précalculées » par les fabricants.

Ces valeurs ne s'appliquent que dans la limite d'une durée d'utilisation indiquée par le fabricant. Outre les aspects quantifiables, les mesures prises contre les défaillances systématiques doivent également être vérifiées.

- → Autres informations sur la validation : ISO 13849-2
- → Vous trouverez un grand nombre d'informations sur la vérification avec la norme ISO 13849-1 sur le site <a href="https://www.dguv.de/bgia/13849">www.dguv.de/bgia/13849</a>

### Procédure simplifiée

Cette méthode permet, même sans connaître les valeurs PFHd individuelles, d'obtenir une estimation suffisamment exacte du niveau de performance global pour de nombreuses applications. Si le niveau de performance de tous les sous-systèmes est connu, on peut déterminer le niveau de performance global d'une fonction de sécurité à l'aide du tableau ci-après.

Cette procédure repose sur les valeurs moyennes des différents niveaux de performance au sein de la plage de valeurs PFHd. L'utilisation de la procédure détaillée (voir la section suivante) donne donc des résultats plus précis.

### Procédure

- Déterminez le niveau de performance du/des sous-système(s) ayant le niveau de performance le plus faible dans une fonction de sécurité : PL (low)
- Déterminez le nombre de sous-systèmes ayant ce niveau de performance PL (low) : n (low)

### Exemple 1:

- Tous les sous-systèmes atteignent le niveau de performance PL « e », le niveau de performance le plus faible PL (low) est donc « e »
- Le nombre de sous-systèmes ayant ce niveau de performance est de 3 (donc ≤ 3). En conclusion, le niveau de performance global atteint est « e ».
- Si on ajoute un quatrième sous-système au niveau de performance « e », d'après cette procédure, le niveau de performance global descend à « d »

### Exemple 2:

- Un sous-système atteint le niveau de performance « d », tandis que deux autres ont le niveau de performance « c ». Le niveau de performance le plus faible PL (low) est donc « c ».
- Le nombre de sous-systèmes ayant ce niveau de performance est de 2 (donc ≤ 2). En conclusion, le niveau de performance global atteint est « c »

PL (low)	n (low)		PL
(niveau de perfor- mance le plus faible d'un sous-système)	(nombre de sous-sys- tèmes ayant ce niveau de performance)		(niveau de perfor- mance maximum possible)
_	>3		-
а	≤3	<b></b>	a
b	>2	<b></b>	а
D	≤2	<b></b>	b
	> 2	<b></b>	b
С	≤2	<b></b>	С
d	>3		С
u	d ≤3 ———		d
	>3		d
е	≤3	<b></b>	е

→ Si le niveau de performance de tous les sous-systèmes n'est pas connu, leur niveau de sécurité peut être déterminé suivant la section « Calcul du niveau de sécurité d'un sous-système selon ISO 13849-1 ».

### Procédure détaillée

Un critère important – mais pas unique – pour déterminer le niveau de performance est la « probabilité de défaillance dangereuse par heure (PFHd) » des composants de sécurité. La valeur PFHd qui en résulte se compose de la somme des valeurs PFHd individuelles.

En outre, le fabricant d'un composant de sécurité peut définir les limites structurelles supplémentaires qui doivent être prises en compte dans l'étude globale.

→ Si la valeur PFHd n'est pas connue pour tous les sous-systèmes, on peut déterminer leur niveau de sécurité.

Voir « Calcul du niveau de sécurité d'un sous-système selon ISO 13849-1 » ci-dessous.

# Calcul du niveau de sécurité d'un sous-système selon ISO 13849-1

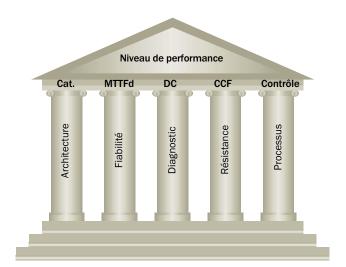
Un sous-système de sécurité peut être constitué d'une multitude de composants, provenant parfois de différents fabricants. Exemples de composants :

- côté entrée, deux interrupteurs de sécurité sur un protecteur
- côté sortie, un contacteur et un convertisseur de fréquence pour stopper un mouvement dangereux

Dans ces deux cas, le niveau de performance doit être calculé indépendamment pour ce sous-système.

Le niveau de performance atteint par un sous-système se compose des paramètres suivants :

- structure et comportement de la fonction de sécurité dans les conditions de défaut (catégorie → 3-89)
- valeurs MTTFd de chaque composant (→ 3-90)
- degré de couverture du diagnostic (DC → 3-91)
- défaillance de cause commune (CCF → 3-91)
- · aspects logiciels de sécurité
- défaillances systématiques



# Catégorie des éléments de sécurité des systèmes de commande (ISO 13849-1)

Les sous-systèmes sont généralement mono canal ou double canal. Sans mesure supplémentaire, sur les systèmes mono canal, l'apparition d'un défaut conduit à une défaillance dangereuse. Des composants supplémentaires de test ou des compo-

sants double canal qui se contrôlent mutuellement permettent de détecter les défauts. La classification de la structure s'effectue en catégories définies par la norme ISO 13849-1.

Catégorie	Résumé des exigences	Comportement du système	Base principale de la sécurité	
В	Les parties des systèmes de com- mandes relatives à la sécurité et/ou leurs dispositifs de protection ainsi que leurs pièces constitutives doivent être choisis et/ou réalisés, assemblés et/ou combinés dans le respect des normes applicables de manière à faire face aux perturbations attendues.	L'apparition d'un défaut peut conduire à la perte de la fonction de sécurité.	Principalement caractérisée par le cho des composants	
1	Les exigences de la catégorie B doivent être remplies. Des composants et des principes éprouvés doivent absolument être utilisés.	<ul> <li>L'apparition d'un défaut peut conduire à la perte de la fonction de sécurité, mais la probabilité d'une telle apparition est inférieure à celle de la catégorie B.</li> </ul>		
2	Le respect des exigences de la catégorie B ainsi que l'utilisation de principes de sécurité éprouvés sont obligatoires. La fonction de sécurité doit être vérifiée périodiquement par la commande de la machine (fréquence de test 100 x supérieure à la fréquence exigée).	<ul> <li>L'apparition d'une défaut peut conduire à la perte de la fonction de sécurité entre deux vérifications.</li> <li>La perte de la fonction de sécurité doit être identifiée par une vérifica- tion.</li> </ul>		
3	Le respect des exigences de la catégorie B ainsi que l'utilisation de principes de sécurité éprouvés sont obligatoires. Les éléments relatifs à la sécurité doivent être réalisés de sorte que  I'apparition d'un défaut unique dans chacun de ces éléments ne puisse pas conduire à la perte de la fonction de sécurité et  dans le cas où il est possible de détecter le défaut, celui-ci soit effectivement reconnu.	<ul> <li>Lors de l'apparition d'un défaut unique, la fonction de sécurité est toujours conservée.</li> <li>Quelques défaut sont reconnus, mais pas tous.</li> <li>Une accumulation de défauts non reconnus peut conduire à la perte de la fonction de sécurité.</li> </ul>	Principalement caractérisée par la	
4	Le respect des exigences de la catégorie B ainsi que l'utilisation de principes de sécurité éprouvés sont obligatoires. Les éléments relatifs à la sécurité doivent être réalisés de sorte que :  l'apparition d'un défaut unique dans chacun de ces éléments ne puisse pas conduire à la perte de la fonc- tion de sécurité et  le défaut unique soit détecté avant ou au moment de la sollicitation de la fonction de sécurité ou  si cela n'est pas possible, l'accu- mulation de plusieurs défauts ne conduise pas à la perte de la fonc- tion de sécurité.	<ul> <li>Lorsque des défauts se produisent, la fonction de sécurité est toujours conservée.</li> <li>Les défauts sont reconnus à temps afin de prévenir la perte de la fonc- tion de sécurité.</li> </ul>	structure du système de sécurité	

### Temps moyen avant défaillance dangereuse (MTTFd)

MTTF est l'abréviation de l'anglais Mean Time To Failure et signifie « Temps moyen avant défaillance ». Pour l'étude selon la norme ISO 13849-1, seules les défaillances dangereuses sont à prendre en compte (d'où le « d » pour « dangerous »). Cette valeur exprime une grandeur théorique qui indique quelle est la probabilité qu'une défaillance dangereuse d'un composant (pas du sous-système complet) se produise pendant la durée de vie des composants. La durée de vie réelle du sous-système est toujours plus courte.

La valeur MTTF se déduit des taux de défaillance. Les taux de défaillance sont :

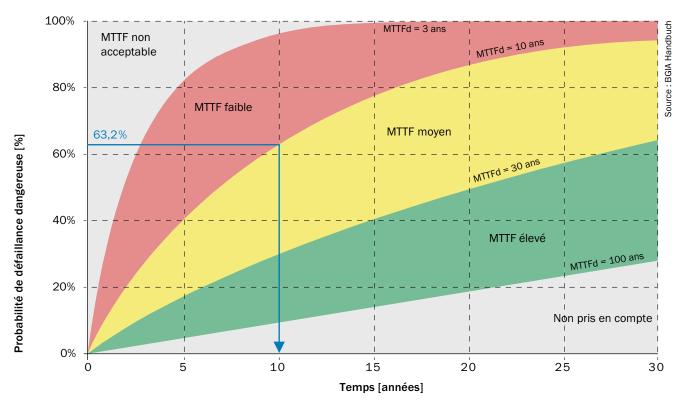
- les valeurs B<sub>10</sub> pour les composants électromécaniques ou pneumatiques. L'usure, et donc la durée de vie maximale, dépend ici de la fréquence de commutation. La valeur B<sub>10</sub> indique le nombre de cycles de commutation avant que 10 % des composants ne subisse une défaillance.
- La valeur B<sub>10d</sub> indique le nombre de cycles de commutation avant que 10 % des composants ne subissent une défaillance dangereuse. Si la valeur  $\rm B_{10d}$  n'est pas indiquée, on peut appliquer arbitrairement une valeur  $B_{10d} = 2 \times B_{10}$ .
- Pour les composants électroniques : taux de défaillance  $\lambda$ . Le taux de défaillance est fréquemment exprimé en FIT (Failures in Time), où un FIT représente une panne toutes les 109 heures.

La norme ISO 13849-1 regroupe les valeurs MTTFd en plusieurs plages:

Désignation	Plage de valeurs	
Faible	3 ans ≤ MTTFd < 10 ans	
Moyen	10 ans ≤ MTTFd < 30 ans	
Élevé	30 ans ≤ MTTFd < 100 ans	

Les données des composants permettent de calculer la durée moyenne de fonctionnement jusqu'à une défaillance dangereuse (MTTFd) en années.

Pour ne pas surestimer l'influence de la fiabilité, la valeur MTTFd maximale utilisable a été limitée à 100 ans.



### Couverture du diagnostic (DC)

Le niveau de sécurité augmente lorsqu'une détection de défaut est mise en œuvre dans le sous-système. La couverture du diagnostic (DC – Diagnostic coverage) est une mesure de la capacité à détecter des défauts dangereux. Les mauvais tests n'en détectent pas beaucoup, tandis que les bons tests en détectent une grande partie, voire la totalité.

À la place de l'analyse détaillée (AMDE), la norme ISO 13849-1 propose des mesures et quantifie la valeur DC. Là aussi, on a une division en plusieurs plages.

Désignation	Plage de valeurs	
Nulle	DC < 60 %	
Faible	60 % ≤ DC < 90 %	
Moyenne	90 % ≤ DC < 99 %	
Élevée	99 % ≤ DC	

### Défaillance de cause commune - résistance

Des facteurs externes (par ex. niveau de tension, température excessive) peuvent brutalement rendre des composants identiques inutilisables, même s'ils tombent très rarement en panne ou sont très bien testés (même si on a deux bons yeux, on ne peut plus lire le journal lorsque la lumière s'éteint brutalement). Ces défaillances de causes communes (CCF – Common Cause Failure) doivent impérativement être évitées.

L'annexe F de la norme ISO 13849-1 offre une méthode simplifiée reposant sur un système de points afin de déterminer si les mesures prises contre les CCF sont suffisantes. L'application de certaines mesures correspond à un nombre de points. Lorsque l'on obtient au minimum 65 points, les mesures contre les CCF peuvent être considérées comme suffisantes.

Spécification		Valeur maximale
Séparation	Séparation des voies de signaux, pose séparée, isolation, entrefers, etc.	15
Diversité	Technologies, conceptions, composants, mode d'actions différents	20
Conception, application, expérience	Protection contre les surcharges, surtensions, surpressions, etc. (selon la technologie)	15
	Utilisation de composants et de procédés éprouvés depuis des années	5
Analyse, évaluation	Utilisation d'une analyse des modes de défaillance pour prévenir les défaillances de cause commune	5
Compétence, formation	Formation des concepteurs à comprendre et à éviter les causes et les conséquences des CCF	5
Facteurs	Test de CEM du système	25
ambiants	Test de réaction du système à la température, aux chocs, aux vibrations, etc.	10

Total ≥ 65

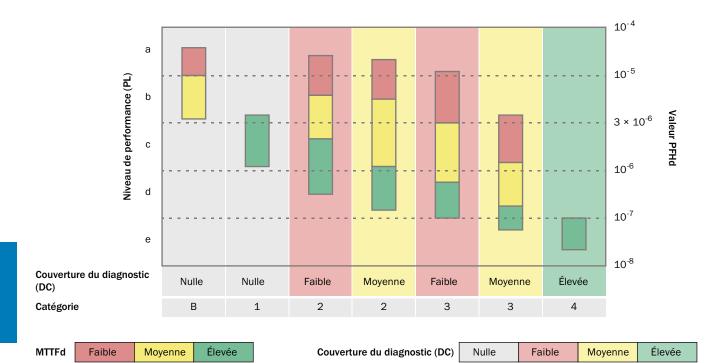
### **Processus**

Pour s'assurer que les éléments ci-dessus sont correctement mis en œuvre dans le matériel et le logiciel, qu'ils sont intégra-lement testés (principe des deux paires d'yeux) et qu'il existe une documentation complète fournissant des informations sur les versions et les révisions, différents outils indiqués dans la norme sont à prendre en compte.

Le processus de mise en œuvre correcte des thématiques de sécurité est une mission de la direction et de l'encadrement ; il inclut un système adéquat de management de la qualité.

### Déterminer le niveau de performance d'un sous-système

Le schéma ci-dessous montre la relation entre la valeur MTTFd (par canal), la DC et la catégorie.



Un niveau de performance PL « d » peut par ex. être réalisé avec une commande double canal (catégorie 3). Pour cela, on peut choisir soit une bonne qualité de composants (MTTFd = moyen) si presque toutes les défauts sont détectés (DC = moyenne), soit une très bonne qualité de composants (MTTFd = élevé), si une faible part des défauts est détectée (DC = faible).

Derrière cette procédure se cache un modèle mathématique complexe dont l'utilisateur ne se rend pas compte. Pour garantir son application pragmatique, les paramètres de catégories, MTTFd et DC sont prédéfinis.

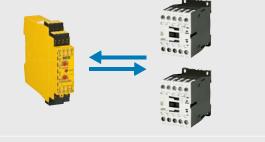
### Exemple : déterminer le niveau de performance du sous-système « actionneur »

### 1) Définition du sous-système « actionneur »

Le sous-système « actionneur » se compose de deux contacteurs avec « boucle de retour ». Les contacts guidés permettent de détecter une défaillance de la sécurité des contacteurs (EDM).

L'unité logique UE410 elle-même ne fait pas partie du sous-système

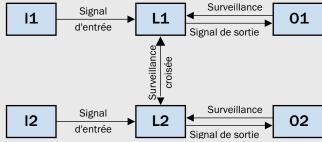
« actionneur », mais elle est utilisée à des fins de diagnostic.



### 2) Détermination de la catégorie

Face à une défaillance unique de la sécurité (avec détection des défauts), le sous-système convient à la catégorie 3 ou 4.

Remarque : la catégorie est définie définitivement une fois que la valeur DC a été déterminée.



### 3) Détermination de la valeur MTTFd par canal

Comme les contacteurs sont des composants soumis à l'usure, la valeur MTTFd doit être déterminée à partir de la valeur  ${\rm B_{10d}}$  et de la fréquence de commutation estimée (nop). La formule ci-contre

La fréquence de commutation se calcule à partir du nombre d'heures de fonctionnement/jour [hop], du nombre de jours d'utilisation/an [dop] et de la fréquence de commutation par heure [C] :

Conditions données par le fabricant :

- $\mathsf{B}_{\mathsf{10d}}$
- = 2.600.000 = 1/h (hypothèse) • C
- d<sub>op</sub>  $= 220 \, d/a$
- = 16 h/d

Dans ces conditions, on obtient une valeur MTTFd de 7.386 ans par canal, ce que l'on interprète comme un MTTFd « élevé ».

### 4) Détermination de la valeur DC

S'agissant de contacts guidés, le tableau des mesures de la norme EN ISO 13849-1 permet d'en déduire une valeur DC élevée (99 %).

MTTFd	_	B <sub>10d</sub>
WITTI	_	0, 1 × n <sub>or</sub>

$$MTTFd = \frac{B_{10d}}{0, 1 \times d_{0D} \times h_{0D} \times C}$$

MTTFd	Plage de valeurs
Faible	3 ans ≤ MTTFd < 10 ans
Moyen	10 ans ≤ MTTFd < 30 ans
Élevé	30 ans < MTTFd < 100 ans

DC	Plage de valeurs
Nulle	DC < 60 %
Faible	60 % ≤ DC < 90 %
Moyenne	90 % ≤ DC < 99 %
Élevée	99 % ≤ DC

### Exemple : déterminer le niveau de performance du sous-système « actionneur »

### 5) Évaluation des mesures destinées à éviter les défaillances de cause commune

Les systèmes multi canal mettent en œuvre des mesures visant à éviter les défaillances de cause commune. L'évaluation de ces mesures atteint un score de 75. L'exigence minimale est donc remplie.

Spécification	Valeur
Séparation	15
Diversité	20
Conception, application, expérience	20
Analyse, appréciation	5
Compétence/formation	5
Facteurs ambiants	35
	75

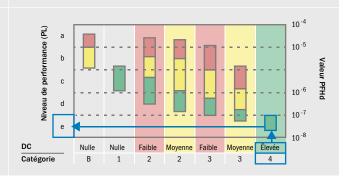
Exigence minimale Total 75 ≥ 65

### 6) Évaluation des mesures de processus

Les aspects systématiques de prévention et de maîtrise des erreurs doivent également être pris en compte, par exemple :

- organisation et compétence
- règles de conception (par ex. conditions de spécification, directives de codage)
- principe et critères de contrôle
- documentation et gestion de la configuration

Le schéma de détermination du niveau de performance PL pour le sous-système (→ 3-86) permet de déterminer le niveau PL du sous-système. Dans ce cas, on atteint le niveau PL « e ». La valeur PFHd résultante égale à 2,47×10<sup>-8</sup> pour ce sous-système est déduite d'un tableau détaillé dans la norme EN ISO 13849-1. La plage DC élevée indique que la structure double canal répond aux exigences de la catégorie 4.



→ Les données résultantes pour le sous-système permettent de déterminer le niveau de performance de l'ensemble de la fonction de sécurité (cf. « Calculer le niveau de performance (PL) atteint selon la norme ISO 13849-1 » -> 3-86).

# Alternative : calculer le niveau d'intégrité de la sécurité (SIL) atteint selon CEI 62061

La détermination du niveau d'intégrité de la sécurité (SIL) s'effectue sur la base des critères suivants :

- · intégrité de sécurité du matériel
  - limitations structurelles (limite d'exigence SIL, SILCL)
  - probabilité de défaillances matérielles aléatoires dangereuses (PFHd)
- exigences d'intégrité de sécurité systématique
  - · prévention des défaillances
  - · maîtrise des défaillances systématiques

Comme dans la norme ISO 13849-1, on décompose d'abord la fonction de sécurité en blocs de fonctions puis en sous-systèmes.



### Intégrité de sécurité du matériel

Lorsqu'on étudie la fonction de sécurité dans son ensemble, on détermine l'intégrité de sécurité du matériel de telle sorte que...

- le niveau d'intégrité de sécurité SIL maximal possible du système complet soit limité par la limite d'exigence SIL (SILCL) la plus faible d'un sous-système.
- la valeur PFHd du système de commande complet résultant de la somme des valeurs PFHd individuelles ne dépasse pas les valeurs de l'illustration de « Vérification de la sécurité fonctionnelle » →3-99.

### Exemple

Dans l'illustration ci-dessus, tous les sous-systèmes répondent à la catégorie de limite d'exigence SIL SILCL3. La somme des valeurs PFHd est inférieure à 1  $\times$  10-7. Les mesures visant à assurer l'intégrité de sécurité systématique sont mises en œuvre et la fonction de sécurité atteint donc le niveau SIL3.

### Intégrité de sécurité systématique

Lorsque plusieurs sous-systèmes sont liés pour former un système de commande, il faut en plus prendre des mesures pour assurer l'intégrité systématique.

Parmi les mesures permettant d'éviter les défaillance matérielles systématiques, on peut mentionner :

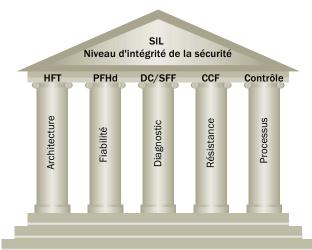
- la conception conforme au plan de sécurité fonctionnelle
- la sécurité
- le choix, la combinaison, la disposition, l'assemblage et l'installation corrects des sous-systèmes, y compris le câblage, le raccordement et toutes autres connexions
- l'utilisation dans les limites des spécifications du fabricant
- le respect des consignes d'application du fabricant, par ex. indications du catalogue, instructions d'installation et utilisation conforme aux pratiques éprouvées
- le respect des exigences relatives à l'équipement électrique conformément à la norme CEI 60204-1

En outre, la maîtrise des défaillances systématiques doit être prise en compte, par ex.

- l' utilisation de la coupure d'alimentation pour induire un état sûr
- les mesures de contrôle des conséquences des défauts et autres effets résultant d'un processus de communication de données associé, y compris les erreurs de transmission, répétitions, pertes, insertions, défauts de séquence, falsifications, délais, etc.

### Calcul du niveau de sécurité d'un sous-système selon CEI 62061

La norme CEI 62061 prévoit elle aussi le calcul du niveau de sécurité de sous-systèmes composés d'un assemblage de composants individuels.

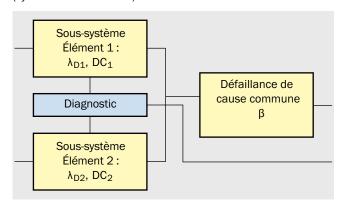


Le niveau d'intégrité de sécurité (SIL) atteint par un sous-système se compose des paramètres suivants :

- · tolérance aux anomalies du matériel (HFT)
- valeur PFHd
- proportion de défaillances en sécurité (SFF)
- défaillance de cause commune (CCF)
- aspects logiciels de sécurité
- défaillances systématiques

### tolérance aux anomalies du matériel (HFT)

La norme CEI 62061 définit la structure par types de sous-systèmes et la tolérance aux anomalies du matériel (HFT). HFT 0 signifie qu'une seule anomalie matérielle peut entraîner la perte de fonction du dispositif de sécurité (systèmes mono canal). HFT 1 signifie que malgré une anomalie unique du matériel, la fonction du dispositif de sécurité est maintenue (systèmes double canal).



### Probabilité de défaillances matérielles aléatoires dangereuses (PFHd)

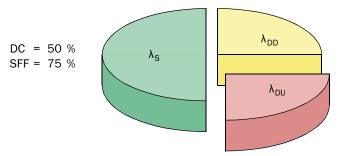
Outre les limitations structurelles, il faut tenir compte dans chaque sous-système de la « probabilité de défaillances matérielles aléatoires dangereuses ». Un modèle mathématique définit pour chaque type de sous-système une formule de calcul de la valeur PFHd où les paramètres suivants sont pris en compte:

- couverture du diagnostic
- durée d'utilisation
- intervalle de test de diagnostic
- taux de défaillance des composants ( $\lambda_n$ )
- défaillance de cause commune (facteur de CCF B)

HFT = 1 Diagnostic avec 
$$DC_1$$
 et  $DC_2$  
$$PFHd = (1 - \beta)^2 \times \left\{ \frac{\lambda_{D1} \times \lambda_{D2} \times (DC_1 + DC_2) \times T_D}{2} + \frac{\lambda_{D1} \times \lambda_{D2} \times (2 - DC_1 - DC_2) \times T_P}{2} + \beta \times \frac{\lambda_{D1} + \lambda_{D2}}{2} \right\}$$

$$PFHd \approx \beta \times \frac{\lambda_{D1} + \lambda_{D2}}{2}$$

Proportion de défaillances en sécurité (DC/SFF)



La « proportion de défaillances en sécurité » (safe failure fraction, SFF) résulte de la couverture du diagnostic DC  $(\lambda_{DD}/\lambda_{DIJ})$  et de la proportion de« défauts sans danger » (l<sub>s</sub>).

$$SFF = \frac{\sum_{\lambda} \lambda_{S} + \sum_{\lambda} \lambda_{DD}}{\sum_{\lambda} \lambda_{S} + \sum_{\lambda} \lambda_{D}}$$

### Défaillance de cause commune (CCF) - résistance

La norme CEI 62061 exige elle aussi un certain nombre de considérations relatives à la résistance aux défaillances de cause commune. En fonction du nombre de résultats positifs, on obtient un facteur de CCF  $(\beta)$ .

Spécification		Valeur maxi- male
Séparation	Séparation des voies de signaux, pose séparée, isolation, entrefers, etc.	15
Diversité	Technologies, conceptions, composants, mode d'actions différents	20
Conception, application, expérience	Protection contre les surcharges, surtensions, surpressions, etc. (selon la technologie)	15
	Utilisation de composants et de procédés éprouvés depuis des années	5
Analyse, évaluation	Utilisation d'une analyse des modes de défaillance pour prévenir les défaillances de cause commune	5
Compétence/ formation	Formation des concepteurs à com- prendre et à éviter les causes et les conséquences des CCF	5
Facteurs ambiants	Test de CEM du système	25
	Test de réaction du système à la température, aux chocs, aux vibrations, etc.	10

Valeur	Facteur CCF (β)
≤ 35	10 %
36 à 65	5 %
66 à 85	2 %
86 à 100	1 %

### **Processus**

La norme CEI 62061 étant fortement tournée vers les systèmes électriques programmables, elle contient – en plus des aspects précédemment évoqués (modèle en V, management de la qualité, etc.) – de nombreux conseils et critères détaillés sur les bonnes pratiques de développement logiciel des systèmes de sécurité.

# Résultat – détermination du niveau d'intégrité de sécurité SIL pour le sous-système

Pour chaque sous-système, on détermine d'abord séparément l'intégrité de sécurité du matériel :

si les sous-systèmes sont préconçus – comme c'est par ex. le cas pour les barrages immatériels de sécurité – un fabricant fournit les données correspondantes dans le cadre de sa spécification technique. Ce sous-système est en règle générale suffisamment décrit par l'indication des niveaux de limite d'exigence SIL (SILCL), PFHd et durée d'utilisation.

Pour les sous-systèmes composés d'éléments de sous-système, comme par ex. les dispositifs de verrouillage des portes de protection ou les contacteurs, il faut en revanche déterminer le niveau d'intégrité de sécurité.

# Limite d'exigence du niveau d'intégrité de sécurité (SILCL : SIL claim limit, limite d'exigence SIL)

Après avoir déterminé la tolérance aux anomalies du matériel (architecture), on peut déterminer le niveau d'intégrité de sécurité SIL maximum possible (limite d'exigence SIL) du sous-système.

Proportion de défail- lances en sécurité (SFF)	Tolérance aux anomalies du matériel	
	0	1
< 60 %	-	SIL1
60 à < 90 %	SIL1	SIL2
90 à < 99 %	SIL2	SIL3
≥ 99 %	SIL3	SIL3

Un système double canal avec une valeur HFT 1 et un SFF de  $90\,\%$  peut revendiquer le niveau de limite d'exigence SIL SILCL3.

### Exemple : calcul des valeurs de limite d'exigence SIL (SILCL) et PFHd du sous-système « actionneur »

### 1) Définition du sous-système « actionneur »

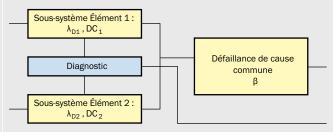
Le sous-système « actionneur » se compose de deux contacteurs avec « boucle de retour ». Les contacts guidés permettent de détecter une défaillance de la sécurité des contacteurs (EDM).

L'unité logique UE410 elle-même ne fait pas partie du sous-système

« actionneur », mais elle est utilisée à des fins de diagnostic.

# teurs avec ecter une esystème .

2) Détermination de la tolérance aux anomalies du matériel (HFT) En raison de la sécurité face à un défaut unique (avec détection des défauts), on obtient une tolérance aux anomalies du matériel HFT = 1.



### 3) Détermination de la valeur PFHd

### a) à partir du taux de défaillance $\lambda_{D}$

Comme les contacteurs sont des composants soumis à l'usure, la fréquence de commutation par heure [C] doit être déterminée à partir de la valeur  $B_{10d}$  et de la fréquence de commutation estimée. La norme CEI 62061 ne donnant aucune indication quant au comportement des composants mécaniques, le taux de défaillance  $\lambda_{\rm D}$  est calculé sur le modèle de la norme ISO 13849-1. Il est supposé que le taux de défaillance reste constant tout au long de la durée d'utilisation.

Conditions données par le fabricant :

- B<sub>10d</sub> = 2.600.000
- C = 1/h (hypothèse)

Dans ces conditions, on obtient donc une valeur

 $\lambda_{\rm D} \ {\rm de} \ 3.8 \times 10^{-8} \ 1/{\rm h}.$ 

### b) à partir du facteur CCF (β)

Les systèmes multi canal requièrent des mesures visant à éviter les défaillances de cause commune. L'effet est déterminé en fonction des mesures conformément aux indications de la norme CEI 62061. Dans cet exemple, le facteur est égal à 5 % (voir ci-dessous : « 5) Évaluation des mesures destinées à éviter les défaillances de cause commune ») PFHd  $\approx 1.9 \times 10^{-9}$ .

$$\lambda_{D} = \frac{1}{MTTF_{d}} = \frac{0, 1 \times C}{B_{10d}}$$

Valeur	Facteur CCF (β)
≤ 35	10 %
36 à 65	5 %
66 à 85	2 %
86 à 100	1 %

PFHd 
$$\approx \beta \times (\lambda_{D1} + \lambda_{D2}) \times \frac{1}{2}$$
  
 $\approx \beta \times \lambda_{D}$   
 $\approx 0.05 \times 0.1 \times \frac{C}{B_{100}}$   
PFHd  $\approx 1.9 \times 10^{-9}$ 

### Exemple : calcul des valeurs de limite d'exigence SIL (SILCL) et PFHd du sous-système « actionneur »

### 4) Calcul de la valeur SFF à partir de DC

Les contacts guidés donnent une DC « élevée » (99 %). Cela signifie que sur 70 % de défaillances dangereuses  $\lambda_{\rm D}$  pour les contacteurs, 99 % sont détectées. Donc, on a SFF= 30 % + 69,3 % = 99,3 %.

## 5) Évaluation des mesures destinées à éviter les défaillances de cause commune

Les systèmes multi canal requièrent des mesures visant à éviter les défaillances de cause commune. L'évaluation des mesures selon la norme CEI 62061 donne dans ce cas un facteur CFF ( $\beta$ ) de 5 %.

Valeur	Facteur CCF (β)
≤ 35	10 %
36 à 65	5 %
66 à 85	2 %
86 à 100	1 %

### 6) Évaluation des mesures de processus

Les aspects systématiques de prévention et de maîtrise des erreurs doivent également être pris en compte, par exemple :

- organisation et compétence
- règles de conception (par ex. conditions de spécification, directives de codage)
- principe et critères de contrôle
- documentation et gestion de la configuration



### Résultat

Dans la dernière étape, les limitations structurelles sont à prendre en compte. Grâce à la redondance existante (tolérance aux anomalies du matériel 1) et SFF > 99 %, on en déduit la limite d'exigence SIL (SIL claim limit) SILCL3 pour ce sous-système.

Proportion de défail-	Tolérance aux anomalies du matériel	
lances en sécurité (SFF)	0	1
< 60 %	-	SIL1
60 à < 90 %	SIL1	SIL2
90 à < 99 %	SIL2	SIL3
≥ 99 %	SIL3	SIL3

PFHd  $\approx 1.9 \times 10^{-9}$ 

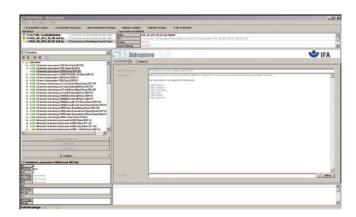
→ Les données de limite d'exigence SIL (SILCL) et valeur PFHd résultant de ces calculs pour le sous-système permettent de déterminer le niveau d'intégrité de sécurité SIL atteint pour la fonction de sécurité complète comme décrit ci-dessus (voir « Intégrité de sécurité du matériel » → 3-95).

### Aide

Les méthodes de vérification décrites ici exigent un savoir-faire et une expérience des notions de niveau de performance (PL) et de niveau d'intégrité de sécurité (SIL). SICK propose des prestations de services correspondantes ( $\rightarrow$  « Comment SICK vous assiste »  $\rightarrow$  i-1). Un outil logiciel adapté peut vous aider à procéder de manière systématique.

L'assistant logiciel SISTEMA offre une méthode efficace de calcul du niveau de performance. Il a été développé et mis à disposition gratuitement par l'institut allemand de protection des travailleurs IFA. SICK vous offre en complément une bibliothèque de composants de sécurité certifiés.

En outre, nos séminaires de formation pratique vous assistent dans votre travail quotidien.



→ Pour plus d'informations sur le logiciel SISTEMA, la bibliothèque de composants de SICK et les formations, consultez le site www.sick-safetyplus.com

### Résumé: vérifier la fonction de sécurité

### Généralités

 Vérifier si les fonctions de sécurité prévues respectent le niveau de sécurité requis. Vérifier pour cela la sécurité mécanique et la sécurité fonctionnelle.

### Méthodes

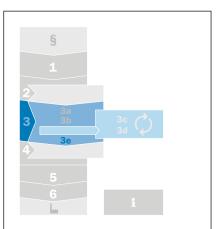
- Calculer le niveau de sécurité résultant conformément à la norme ISO 13849-1 (PL). Procédures disponibles :
  - procédure simplifiée (à partir du PL)
  - procédure détaillée (à partir des valeurs PFHd)
- Si le PL ou la valeur PFHd d'un sous-système (par ex. pour l'actionneur) est inconnu(e), déterminer le niveau de sécurité du sous-système à partir des caractéristiques de structure, fiabilité, diagnostic, résistance et processus.
- En alternative, vous pouvez déterminer le niveau de sécurité résultant conformément à la norme CEI 62061 (niveau d'intégrité de sécurité, SIL). Là aussi, vous avez la possibilité de déterminer vous-même le niveau de sécurité d'un sous-système non certifié.

### **Aides**

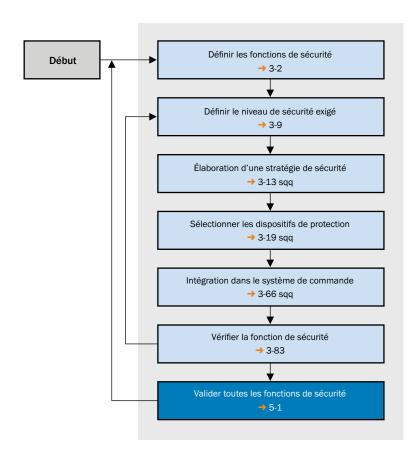
• Utiliser les outils recommandés et ne pas hésiter à demander conseil.

Étape 3e : valider toutes les fonctions de sécurité





La validation consiste à vérifier une thèse, un plan ou une hypothèse par rapport à un problème à résoudre. Contrairement à la vérification, où l'on évalue seulement la mise en œuvre correcte d'une solution conformément aux spécifications, la validation est plutôt un contrôle final pour s'assurer que les solutions sont adaptées en général pour le besoin de réduction du risque.



L'objectif de la procédure de validation est de contrôler les spécifications et la conformité de la conception des composants prenant part à la fonction de sécurité dans la machine. La validation doit montrer que les éléments relatifs à la sécurité de la fonction de commande répondent aux exigences de la norme ISO 13849-2, en particulier en ce qui concerne les exigences du niveau de sécurité défini.

La validation doit, lorsque c'est raisonnable, être effectuée par des personnes qui n'ont pas pris part à la conception des éléments relatifs à la sécurité des systèmes de commande. Pendant le processus de validation, il est important de vérifier les erreurs et en particulier les omissions dans les spécifications formulées.

L'élément critique de la conception d'une fonction de commande de sécurité est en règle générale la spécification. Un exemple : l'accès à un poste de fabrication doit être protégé par un barrage immatériel. La fonction de sécurité est donc spécifiée comme suit :

« En cas d'intrusion dans le champ de protection d'un barrage immatériel, tous les mouvements dangereux doivent être stoppés le plus rapidement possible. »

Le constructeur aurait toutefois dû penser au redémarrage lorsque le champ de protection est libéré, en particulier s'il est possible de le contourner. Le processus de validation doit couvrir ce genre d'aspects.

Dans le cadre d'un processus de validation, on applique en général plusieurs procédures complémentaires.

### Notamment:

- la vérification technique du positionnement et de l'efficacité des moyens de protection
- la vérification pratique des réactions en cas de défaut par rapport aux résultats attendus au moyen de simulations
- la validation des exigences ambiantes par des tests de fonctions :
  - la protection suffisante contre les facteurs ambiants tels que la température, l'humidité, les chocs, les vibrations, etc.
  - l'immunité aux perturbations électromagnétiques

# Étape 4 : information des utilisateurs sur les risques résiduels

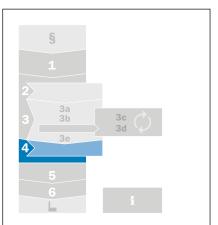
Si la conception sûre ou les mesures techniques de protection ne sont pas totalement efficaces, l'utilisateur doit en plus être averti des risques résiduels et informé de la nécessité d'appliquer des mesures de protection supplémentaires, en particulier concernant l'équipement de protection individuelle.

Les informations des utilisateurs sur les risques résiduels consistent en des :

- dispositifs d'avertissements acoustiques et optiques
- informations et des avertissements placés sur la machine
- avertissements dans la notice d'instruction
- consignes de travail, exigences de formation ou initiation des utilisateurs
- remarques concernant l'utilisation des équipements de protection individuelle

L'information des utilisateurs ne doit pas remplacer d'autres mesures.

→ Conception sûre, appréciation des risques et réduction du risque Norme de type A : ISO 12100



### Dispositifs d'avertissements acoustiques et optiques

Lorsque le fonctionnement d'une machine n'est pas surveillé, la machine doit être pourvue de dispositifs d'avertissements qui signalent les dangers provoqués par les dysfonctionnements. Les dispositifs d'avertissements doivent être compris sans équivoque, facilement percevables et le personnel d'exploitation doit pouvoir contrôler qu'ils sont prêts à fonctionner à tout moment. Le cas échéant, le fabricant est tenu de signaler l'existence de risques résiduels.



### Informations et avertissements placés sur la machine

Les informations et avertissements placés sur la machine devraient de préférence être des symboles ou des pictogrammes. Ils doivent être formulés dans la langue du pays dans lequel la machine est mise en circulation. Il est possible d'ajouter des langues officielles supplémentaires. Les informations de sécurité doivent être univoques, facilement compréhensibles, concises et précises. Les moyens de communication interactifs doivent être facilement compréhensibles et utilisables de manière intuitive.



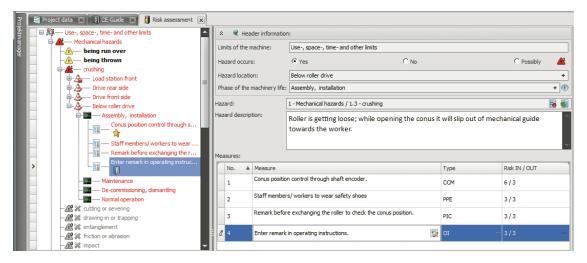
# Avertissements et consignes de sécurité contenus dans la notice d'instruction

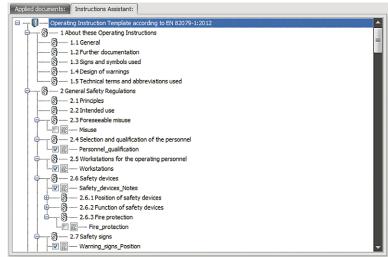
La notice d'instruction doit contenir toutes les informations de sécurité concernant la machine, en particulier :

- les avertissements sur les mauvaises manipulations déjà rencontrées
- les remarques sur la mise en service et le fonctionnement de la machine ainsi que sur la formation/familiarisation du personnel d'exploitation
- les données sur les risques résiduels qui demeurent malgré les mesures prises pour intégrer la sécurité lors de la conception et l'utilisation de dispositifs de protection et les mesures de protection complémentaires
- une instruction relative aux mesures de protection à prendre par l'utilisateur et aux équipements de protection individuelle
- les conditions dans lesquelles les exigences en matière de stabilité dans les différentes phases de la vie de la machine sont remplies
- les consignes de sécurité pour le transport, la manipulation et le stockage
- les consignes sur la conduite à suivre en cas d'accident et sur l'élimination des défauts
- les consignes pour une configuration et un entretien sûrs ainsi que les mesures de protections nécessaires à cet effet
- une spécification des pièces de rechange à utiliser lorsqu'il s'agit de pièces pouvant avoir un impact sur la sécurité et la santé du personnel d'exploitation

### Documentation avec Safexpert®

Le logiciel Safexpert® (→ page 1-5) permet également de mettre en œuvre sans difficulté les exigences relatives à la documentation technique. Ainsi, l'opérateur peut par exemple intégrer directement les conseils d'utilisation de l'appréciation des risques dans la notice d'instruction.





Assistant Notice d'instructions de Safexpert®

### Résumé des étapes 2, 3 et 4 : réduction du risque

### Généralités

Pour réduire les risques déterminés à l'analyse, il faut procéder selon la méthode en 3 étapes :

- 1. Concevoir la machine afin d'éliminer les dangers autant que possible.
- 2. Définir, concevoir et contrôler les mesures de protection nécessaires.
- 3. Veuillez fournir les informations relatives aux risques résiduels. Déterminez comment les risques résiduels peuvent être réduits et mettez ces informations à disposition de l'opérateur.

### Mesures techniques de protection

- En matière de sécurité fonctionnelle, on peut s'appuyer sur deux normes au choix : EN ISO 13 849-1 (niveau de performance PL) ou CEI 62061 (niveau d'intégrité de sécurité).
- Définir les fonctions de sécurité et déterminer pour chacune le niveau de sécurité requis.
- Élaborer une stratégie de sécurité. Choisir les dispositifs de protection les plus efficaces ainsi que leur montage et l'intégration dans le système de commande.
- · S'assurer que les mesures de protection sont mises en œuvre efficacement et que le niveau de sécurité prévu est atteint.

### Étape 5 : validation globale

Comme la sécurité fonctionnelle n'est qu'une partie de la réduction des risques, il est nécessaire de procéder à une validation globale de toutes les mesures – conception, technique et organisation – en situation.



En pratique, il peut arriver qu'une seule mesure technique ne suffise pas à réduire les risques, mais qu'à l'examen global le résultat atteint soit suffisant. La réduction des risques peut être considérée comme atteinte lorsqu'il est possible de répondre à toutes les questions suivantes par oui :

Toutes les conditions d'exploitation de la machine ont-elles été prises en compte pour toutes les phases de vie de la machine ?

- La méthode en 3 étapes a-t-elle été appliquée ?
- Les dangers ont-ils été éliminés ou les risques ont-ils été réduits dans toute la mesure du possible ?
- Est-il certain que les mesures appliquées n'entraînent pas de nouveaux dangers?
- Les opérateurs sont-ils suffisamment informés et avertis des risques résiduels?
- Est-il garanti que les conditions de travail du personnel d'exploitation ne sont pas perturbées par les mesures de protection mises en œuvre?
- Les mesures de protection appliquées sont-elles compatibles entre elles ?
- Les conséquences éventuelles d'une utilisation de la machine dans le domaine non commercial / non industriel ont-elles été suffisamment prises en compte ?
- Est-il garanti que les mesures appliquées n'entravent pas excessivement le fonctionnement correct de la machine?
- Le risque est-il suffisamment réduit ?

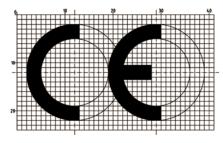
\$
1
2
3
3a
3b
3c
3d
3c
3d
4

Dans le cadre d'une inspection de sécurité effectuée par des spécialistes SICK, l'ensemble de la machine est soumis à un contrôle des principaux dangers.

5-2

### Étape 6 : mise sur le marché

Une fois la conformité établie dans le cadre de la validation globale, le cas échéant avec intervention d'un organisme de contrôle, la déclaration de conformité peut être établie au cours de la finalisation de la documentation technique et le marquage CE peut être apposé sur la machine. La déclaration de conformité doit tenir compte de toutes les directives européennes applicables à la machine.



### Dossier technique

Le contenu du dossier technique est décrit dans l'annexe VII, section A de la Directive Machines. Les quasi-machines sont soumises aux exigences particulières de l'annexe VII, section B de la Directive Machines.

À partir du dossier technique, il doit être possible de vérifier si la machine est conforme aux exigences de cette directive. Il doit couvrir la conception, la fabrication et le fonctionnement de la machine, dans la mesure nécessaire à l'évaluation de la conformité.

Le dossier technique doit être établi dans une ou plusieurs des langues officielles de la Communauté Européenne, à l'exception de la notice d'instruction de la machine pour laquelle s'appliquent les dispositions particulières prévues à l'annexe I, numéro 1.7.4.1.

### Durée de conservation et délais

Le dossier technique doit être mis à la disposition des autorités compétentes des États membres :

- à partir du jour de fabrication de la machine
- pendant au moins 10 ans après la fabrication de la dernière unité
- Ce dossier technique ne doit pas obligatoirement se trouver sur le territoire de la Communauté. De plus, il ne doit pas être disponible en permanence sous forme matérielle (par ex. conservation sous forme numérique). Toutefois, il doit pouvoir être reconstitué et mis à disposition dans un délai compatible avec son importance par la personne désignée dans la Déclaration de conformité UE.

Attention: La non-présentation du dossier technique, à la suite d'une demande dûment motivée des autorités nationales compétentes, peut constituer une raison suffisante pour mettre en doute la conformité de la machine en question avec les exigences essentielles de santé et de sécurité!

### Le dossier technique comprend les éléments suivants :

- description générale de la machine :
  - le plan d'ensemble de la machine, les plans des circuits de commande, ainsi que les descriptions et explications pertinentes nécessaires à la compréhension du fonctionnement de la machine
  - les plans détaillés et complets, accompagnés éventuellement des notes de calcul, résultats d'essais, attestations, etc., permettant de vérifier la conformité de la machine aux exigences essentielles de santé et de sécurité
- la liste des normes et autres spécifications techniques utilisées, en précisant les exigences essentielles de santé et de sécurité couvertes par ces normes
- la documentation sur l'appréciation des risques (→ 1-1), décrivant la procédure suivie :
  - liste des exigences essentielles de santé et de sécurité qui s'appliquent à la machine
  - description des mesures de protection mises en œuvre afin d'éliminer les dangers recensés ou de réduire les risques et, le cas échéant, une indication des risques résiduels liés à la machine
- tout rapport technique donnant les résultats des essais effectués soit par le fabricant, soit par un organisme choisi par le fabricant ou son mandataire
- la notice d'instruction de la machine
- une copie de la Déclaration CE de conformité
- le cas échéant, une copie de la Déclaration CE de conformité des autres machines ou produits incorporés dans la machine
- le cas échéant, une déclaration d'incorporation et les notices d'assemblage relatives aux quasi-machines incluses

#### Notice d'instruction

La machine doit être accompagnée d'une notice d'instruction dans la langue officielle du pays d'utilisation. Cette notice peut être soit la « notice d'instruction originale », soit une traduction de cette notice, auquel cas la notice originale doit également être fournie. Pour plus d'informations, voir « Étape 4 : information des utilisateurs sur les risques résiduels » → 4-1.

### Responsabilité de l'exploitant

L'employeur est responsable de la sécurité de tout son personnel. Les machines doivent pouvoir être exploitées de manière ergonomique et conforme aux qualifications des opérateurs et donc en toute sécurité. Outre les réceptions et inspections de sécurité à la livraison, il faut veiller dès l'achat à disposer d'une spécification correcte des exigences de sécurité de la machine.

## Comment faut-il acheter des machines ?

Un projet réussi de construction ou de modernisation d'une installation de production commence dès le processus d'achat. Voici les principales pistes.

- Pour les installations complexes, désignez un « maître d'œuvre » conformément à la Directive Machines.
- Définissez au préalable comment procéder avec les machines (éléments) déjà disponibles.
- Définissez par contrat quelle documentation supplémentaire doit être fournie (par ex. appréciation des risques, etc.) pour simplifier la mise en œuvre de modifications ultérieures.
- Le cas échéant, appuyez-vous sur l'application des principales normes (normes EN harmonisées).
- Convenez de la marche à suivre en cas de divergence des normes harmonisées.

### Inspections de sécurité

L'expérience montre qu'en pratique, la sécurité des machines n'est que relative. Souvent les dispositifs de protection sont manipulés pour pouvoir travailler sans entrave. D'autres sources d'erreurs sont le mauvais positionnement des dispositifs de protection ainsi que l'intégration défectueuse dans le système de commande.

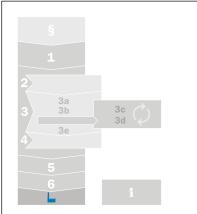
L'état de sécurité des équipements de travail en service est réglementé par la directive européenne 2009/104/ CE (« Directive relative à l'utilisation des équipements de travail ») et doit être contrôlé suivant la législation nationale en vigueur. En particulier, l'article 4a de la directive définit la vérification des outils et équipements de travail. Les règles techniques et normes ou des prescriptions données peuvent être utilisées comme bases de la réalisation. La vérification et la détermination formelle de la sécurité au travail doivent être réalisées à l'initiative de l'exploitant de l'installation.

Celui-ci doit veiller à ce que la vérification des équipements de travail soit organisée conformément à la transposition nationale de la Directive d'utilisation des équipements de travail. Ce faisant, il convient de remplir les exigences suivantes :

- 1. Mode de vérification
- 2. Étendue de la vérification
- 3. Détail de la vérification
- 4. Délais de vérification
- 5. Niveau de compétence du vérificateur L'inspection de sécurité SICK vous donne un aperçu rapide de l'état de sécurité de vos machines.

Le centre de vente de Dusseldorf et la filiale tchèque de SICK ont déjà été accrédités comme organismes d'inspection.

Par cette accréditation, un organisme indépendant certifie que SICK est en mesure de réaliser les tâches définies dans l'étendue de l'accréditation avec une grande fiabilité et la qualité exigée. Avec vous, nous identifions les potentiels d'amélioration et nous les mettons en pratique.









### Directive relative à utilisation des équipements de travail, Article 5 : vérification des équipements de travail

- 1. L'employeur veille à ce que les équipements de travail dont la sécurité dépend des conditions d'installation soient soumis à une vérification initiale (après l'installation et avant la première mise en service) et à une vérification après chaque montage sur un nouveau site ou à un nouvel emplacement, effectuées par des personnes compétentes au sens des législations et/ou pratiques nationales, en vue de s'assurer de l'installation correcte et du bon fonctionnement de ces équipements de travail.
- 2. L'employeur veille à ce que les équipements de travail soumis à des influences génératrices de détériorations susceptibles d'être à l'origine de situations dangereuses fassent l'objet :
  - de vérifications périodiques et, le cas échéant, d'essais périodiques, effectués par des personnes compétentes au sens des législations et/ou pratiques nationales, et
  - de vérifications exceptionnelles, effectuées par des personnes compétentes au sens des législations et/ou pratiques
    nationales, chaque fois que des événements exceptionnels susceptibles d'avoir eu des conséquences dommageables
    pour la sécurité de l'équipement de travail se sont produits, tels que transformations, accidents, phénomènes naturels,
    périodes prolongées d'inutilisation, afin de garantir que les exigences de sécurité et de santé sont respectées et que ces
    détériorations sont décelées et qu'il y est remédié à temps.
- 3. Les résultats des vérifications doivent être consignés et tenus à la disposition de l'autorité compétente. Ils sont conservés pendant une durée appropriée. Lorsque les équipements de travail concernés sont employés hors de l'entreprise, ils doivent être accompagnés d'une preuve matérielle de la réalisation de la dernière vérification.
- 4. Les États membres déterminent les modalités de ces vérifications.



### Comment SICK vous assiste

L'intégration efficace de la fonction de sécurité dans une machine ou dans un concept de machine requiert de grandes compétences en matière de sécurité. Cette compétence ne couvre pas seulement les aptitudes, le caractère actuel et l'étendue des connaissances en matière de sécurité, mais également l'expérience dans l'application de processus adéquats. Ce n'est qu'une fois réunis que tous ces facteurs caractérisent la compétence en matière de sécurité d'un partenaire sûr.

Grâce à une expérience longue de plus de 60 ans dans le domaine de sécurité des machines, SICK vous propose des services sur mesure et met à votre disposition l'expertise nécessaire à la mise en œuvre conforme aux directives de la sécurité de vos machines.

SICK contribue ainsi à la progression de la culture de sécurité dans votre entreprise dans le but...

 d'améliorer la sécurité des machines et installations existantes

La procédure SICK dans les services pour la conformité et la conception de machines et installations sûres

Les services SICK dans le domaine « Conseil et conception pour les machines sûres » sont développés selon le processus illustré ci-dessous. Dans ce contexte, il est possible de reconnaître

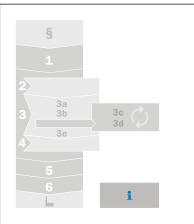
- d'intégrer la sécurité dans l'achat de nouvelles machines et installations
- de soutenir les fabricants dans l'application de la procédure visant à obtenir le marquage CE pour les produits et dans l'application de mesure constructives visant à la minimisation du risque

Vous avez, à raison, de grandes exigences envers votre partenaire. Il doit :

- · avoir des années d'expérience
- · apporter des idées innovantes
- avoir une présence internationale
   En impliquant des experts SICK dès les premières phases, vous vous assurez que...
- la sécurité fait partie intégrante du projet.
- les points faibles potentiels sont identifiés assez tôt.
- · les surdimensionnements sont évités.
- l'efficacité et la compétitivité de votre projet sont garanties.

Les prestations de service de SICK vous apportent un niveau élevé de sécurité et une plus-value économique réelle.

les produits de service de SICK correspondant à chaque phase. Vous avez la possibilité de les commander soit individuellement, soit en tant que prestation globale dans le cadre d'un processus de marquage CE.



### Dans ce chapitre...

Conformité et conception i-1
Séminaires et formations i-3
Accompagnement tout au long du cycle de viei-4
Aperçu des normes applicablesi-6
Liens utilesi-8
Glossaire/indexi-10
Co-auteurs - remerciements i-15

La procédure SICK dans les services pour la conformité et la conception de machines et installations sûres

Les services SICK dans le domaine « Conseil et conception pour les machines sûres » sont développés selon le processus illustré ci-dessous. Dans ce contexte, il est possible de reconnaître les produits de service de SICK correspondant à chaque phase. Vous avez la possibilité de les commander soit individuellement, soit en tant que prestation globale dans le cadre d'un processus de marquage CE.

## Phase A

#### Spécification et commande

• Détermination des fonctions de la machine et de ses limites

## Phase E

### Appréciation des risques

 Appréciation des risques en tant que base de spécification des exigences en matière de sécurité

## Phase (

### Stratégie de sécurité

• Stratégie de sécurité : fonctions de sécurité avec le niveau de sécurité requis

### ise D

### Conception du système

- Conception matérielle : sélection et ingénierie des composants matériels du système de sécurité
- Conception logicielle : conception de la logique SRP/CS sur la base du concept de sécurité

# Phase E

### Installation et mise en service

- Installation : installation et configuration des dispositifs de protection
- Mise en service et validation de toutes les fonctions de sécurité

Gestion de la qualité totale

Gestion électronique des documents (traçabilité)

Système de gestion de projet



i-2

### Séminaires et formations



### Des connaissances pratiques pour les praticiens

En général, plus vous avez d'expérience, plus vous êtes à l'aise avec une application. Transmettre son expérience pour optimiser les applications est un élément primordial des séminaires et formations SICK qui sont ainsi toujours largement axés sur la pratique.

### Des séminaires sur mesure

En fonction des besoins des participants et des contenus à transmettre en conséquence, nous choisissons les méthodes adaptées pour transmettre les connaissances et garantir le transfert :

- Séminaires
- Formations
- E-learning
- Concepts de séminaires modulaires
- Séminaires de mise à niveau

### Des connaissances anticipées

Au fil du temps, les législations et les normes évoluent. L'évolution technologique exige de s'adapter à ces nouveautés. Nos séminaires modulaires sur les bases de la sécurité vous apportent un savoir-faire actuel sur les thématiques suivantes :

- sélection des dispositifs de protection adaptés conformément aux normes
- intégration des dispositifs de protection dans le système de commande complet
- évaluation correcte des mesures de protection sur la base des directives, normes et ordonnances en vigueur

### Renforcer la sécurité des applications

Nos formations sont centrées sur les produits pour que vous puissiez les intégrer efficacement et en toute sécurité dans l'application prévue. Vous posséderez le bagage nécessaire pour maîtriser l'utilisation de manière sûre et efficace de l'appareil ainsi que ses possibilités d'analyse et de diagnostic. La structure générale d'une formation reprend les différentes phases rencontrées au cours du choix et de l'intégration d'un produit :

- Sélection
  - · aspects de sécurité
  - caractéristiques du produit et possibilités d'application
- Intégration
  - intégration dans l'équipement (montage) et câblage
  - programmation
  - · mise en service
- Fonctionnement sûr
  - · Diagnostic et suppression des défauts

Sur demande, SICK peut élaborer un concept de qualification sur mesure pour votre application. Cette offre contribue à optimiser la qualité de travail et à accélérer la transmission des connaissances en matière de sécurité.

### Rester à jour

Afin que vous puissiez rester à jour et disposer de connaissances actualisées en tout temps, nous vous proposons des cours de formation continue spéciaux basés sur les connaissances que vous possédez déjà.



- → Pour plus de détails, consultez le site Internet www.sick.com/training ou notre programme de formation.
- → Pour les formations organisées dans votre pays, adressez-vous à votre revendeur ou consultez le site www.sick.com

Sur demande, nous assurons aussi des séminaires et formations sur site. N'hésitez pas à nous contacter!

## SICK – nous accompagnons votre installation tout au long du cycle de vie du produit

Avec des produits de sécurité certifiés et des prestations sur mesure, SICK vous accompagne tout au long du cycle de vie de

votre machine, de la planification à la mise en service jusqu'à l'entretien et la modernisation.

Services SICK		Six étape	s pour une mac	hine sûre	
	§ Lois, directives, normes	Étape 1 Appréciation des risques	Étapes 2 à 4 Réduction du risque : la méthode en 3 étapes	Étapes 5 à 6 Validation complète et mise en circulation	Responsabilité de l'exploitant
Conseil et conception					
Appréciation des risques		<b>✓</b>			
Stratégie de sécurité			<b>✓</b>		
Conception matérielle			<b>✓</b>		
Conception logicielle			<b>✓</b>		
• Installation			<b>✓</b>		
Mise en service			<b>✓</b>		
Vérification de conformité CE				<b>v</b>	
Inspection d'installation					V
Vérification et optimisation					
Inspection avant la première mise en service				<b>✓</b>	~
Inspection régulière					~
Inspection de sécurité des machines				<b>✓</b>	<b>v</b>
Contrôle de l'équipement électrique				<b>✓</b>	•
Enquête sur les accidents					~
Mesure du temps d'arrêt				<b>✓</b>	<b>v</b>
Stages et formations continues					
Séminaires	~	<b>✓</b>	<b>V</b>	<b>~</b>	<b>V</b>
Stages utilisateur					~
Formations en ligne	~	<b>✓</b>	<b>✓</b>	<b>✓</b>	<b>~</b>
Modernisation et rénovation					
Kits de mise à niveau					~
Support produit et système					
Contrôle à la mise en service					~
Assistance en ligne					~
Dépannage sur site					~
Appareils de rechange					~
Pièces de rechange					~
Réparations en atelier					~



### Composants (produits)

L'utilisation de produits certifiés facilite la tâche du fabricant de machines qui doit en prouver la conformité aux exigences de la Directive Machines et de différentes normes. En tant que fournisseur de solutions, SICK propose aux fabricants de machines un large éventail de produits, depuis la simple barrière optoélectronique de sécurité monofaisceau jusqu'aux systèmes de commande de sécurité modulaires et compatibles réseau, en passant par les barrages immatériels de sécurité, les scrutateurs laser de sécurité, les systèmes caméras de sécurité et les interrupteurs de sécurité, sans oublier des solutions logicielles pour la conformité des machines.

### Conseil: nos connaissances pour votre application

SICK dispose de filiales ou de représentations dans 87 pays. Vous y trouverez un personnel compétent qui vous apportera les conseils techniques dont vous avez besoin. Nos employés vous offrent non seulement une maîtrise technique des produits, mais aussi leur connaissance du marché et des législations et normes nationales.

- → Présentation de la gamme Sécurité → 3-81
- → Vous trouverez l'ensemble de nos produits en ligne sur le site www.sick.com
- → Pour en savoir plus sur les prestations de services disponibles dans votre pays, contactez votre représentant SICK ou consultez notre site <a href="https://www.sick-safetyplus.com">www.sick-safetyplus.com</a>

### Aperçu des normes applicables

Туре	Norme européenne EN	Harmoni- sée	Norme internationale ISO/CEI	Titre / remarque
	EN ISO 12100 anciennement :	~	ISO 12100	Sécurité des machines – principes généraux de conception – Appréciation du risque et réduction du risque
	EN ISO 12100-1		ISO 12100-1	Sécurité des machines – notions fondamentales et principes généraux de conception • Partie 1 : terminologie de base, méthodologie
Α	EN ISO 12100-2		ISO 12100-2	Sécurité des machines – notions fondamentales, principes généraux de conception • Partie 2 : principes techniques
	EN ISO 14121-1		ISO 14121-1	Sécurité des machines – Appréciation du risque • Partie 1 : principes
	EN 349	~	ISO 13854	Distances minimales pour prévenir les risques d'écrasement de parties du corps humain
	EN 574	•	ISO 13851	Dispositifs de commande bimanuelle – Aspects fonctionnels – Principes de conception
	EN 953	•	ISO 14120	Protecteurs – Prescriptions générales pour la conception et la construction (en cours de révision, publication à venir en tant que EN ISO 14120)
	EN 1037	~	ISO 14118	Prévention de la mise en marche intempestive
	EN 1088	•		Dispositifs de verrouillage associés à des protecteurs - Principes de conception et de choix (a été révisée, sera publiée en tant que EN ISO 14119 dans peu de temps)
	EN ISO 13849-1	•	ISO 13849-1	Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité • Partie 1 : principes généraux de conception
	EN ISO 13849-2	~	ISO 13849-2	Partie 2 : validation
	EN ISO 13850 (remplace EN 418)	~	ISO 13850	Arrêt d'urgence – Principes de conception
В	EN ISO 13855 (remplace EN 999)	•	ISO 13855	Positionnement des dispositifs de protection par rapport à la vitesse d'approche des parties du corps
	EN ISO 13857 (remplace EN 294 et EN 811)	•	ISO 13857	Distances de sécurité empêchant les membres supérieurs et inférieurs d'atteindre les zones dangereuses
	EN 60204-1	•	CEI 60204	Équipement électrique des machines • Partie 1 : règles générales
	EN 61496-1	~	CEI 61496-1	Équipements de protection électro-sensibles • Partie 1 : prescriptions générales et essais
	CLC/TS 61496-2	_	CEI 61496-2	<ul> <li>Partie 2 : exigences particulières à un équipement utilisant des dispositifs protecteurs optoélectroniques actifs</li> </ul>
	CLC/TS 61496-3	-	CEI 61496-3	<ul> <li>Partie 3 : exigences particulières pour les équipements utilisant des dispo- sitifs de protection optoélectroniques actifs sensibles aux réflexions diffuses (AOPDDR)</li> </ul>
	CLC/TS 62046	-	CEI/TS 62046	Application des équipements de protection à la détection de la présence de personnes
	EN 62061	~	CEI 62061	Sécurité fonctionnelle des systèmes de commande électriques, électroniques et électroniques programmables relatifs à la sécurité

Туре	Norme européenne EN	Harmoni- sée	Norme internationale ISO/CEI	Titre / remarque
	EN 1114-1	~	-	Machines pour les matières plastiques et le caoutchouc - Extrudeuses et lignes d'extrusion  • Partie 1 : prescriptions de sécurité pour les extrudeuses
	EN 12622	<b>✓</b>	-	Presses plieuses hydrauliques
	EN 13736	<b>✓</b>	-	Presses pneumatiques
	EN 1459	<b>✓</b>	-	Sécurité des chariots de manutention - Chariots automoteurs à portée variable
	EN 1525	-	-	Sécurité des chariots de manutention - Chariots sans conducteur et leurs systèmes
	EN 1526	~	-	Sécurité des chariots de manutention - Prescriptions complémentaires pour les fonctions automatiques des chariots
	EN 1612-1	•	-	Machines pour les matières plastiques et le caoutchouc - Machines de moulage par réaction  • Partie 1 : prescriptions de sécurité relatives aux unités de dosage et de mélange
	EN 1672-1	-	-	Machines pour les produits alimentaires - prescriptions relatives à la sécurité et à l'hygiène - Principes généraux de conception
	EN 201	•	-	Machines pour les matières plastiques et le caoutchouc - Machines de moulage par injection - Prescriptions de sécurité
С	EN 289	•	-	Machines pour les matières plastiques et le caoutchouc - Machines de moulage par compression et machines de moulage par transfert - Prescriptions de sécurité
	EN 415-X	<b>/</b> *	-	Machines d'emballage (* : seules les parties -1, -3 et -5 à -9 de cette norme sont harmonisées)
	EN 422	~	-	Machines pour le caoutchouc et les matières plastiques - Sécurité - Machines de moulage par soufflage pour la fabrication des corps creux - Prescriptions pour la conception et la construction
	EN 528	<b>✓</b>	-	Transtockeurs - Prescriptions de sécurité
	EN 692	<b>✓</b>	-	Presses mécaniques
	EN 693	<b>✓</b>	-	Presses hydrauliques
	EN 710	•	-	Prescriptions de sécurité applicables aux machines et chantiers de moulage et de noyautage en fonderie et à leurs équipements annexes
	EN 869	<b>✓</b>	-	Prescriptions de sécurité pour les chantiers de moulage des métaux sous pression
	EN ISO 1010-X	<b>✓</b> *	ISO 1010-X	Machines d'impression et de transformation du papier (* : les parties -1 à -4 de cette norme sont harmonisées)
	EN ISO 10218-1 (remplace EN 775)	~	ISO 10218-1	Robots industriels - Exigences de sécurité • Partie 1 : robots
	EN ISO 10218-2	<b>✓</b>	ISO 10218-2	Partie 2 : système robots et intégration
	EN ISO 11111-X	<b>/</b> *	ISO 11111-X	(* : les parties -1 à -7 de cette norme sont harmonisées)

### Liens utiles

Où trouver ?		
Textes des directives (UE)	Le texte intégral des directives est di l'Union européenne : → eur-lex.euro	isponible sur Internet, notamment sur le portail du droit de pa.eu
Listes de normes	travailleurs et la médecine du travail	Anlagenbau (VDMA) (Fédération de l'ingénierie allemande de ansformation :   www.vdma.org
Éditeurs de normes, internationaux	CEN: CENELEC: ISO: CEI:	<ul> <li>→ www.cen.eu/cenorm/homepage.htm</li> <li>→ www.cenelec.eu</li> <li>→ www.iso.org/iso/home.htm</li> <li>→ www.iec.ch</li> </ul>
Éditeurs de normes, francophones	France (AFNOR) : Belgique (NBN) : Suisse (SVN) :	<ul><li>→ www.afnor.org</li><li>→ www.nbn.be</li><li>→ www.snv.ch</li></ul>
Éditeurs de normes, européens	Belgique (NBN): Bulgarie (BDS): Danemark (DS): Estonie (EVS): Finlande (SFS): France (AFNOR): Grèce (ELOT): Grande-Bretagne (BSI): Irlande (NSAI): Islande (IST): Italie (UNI): Lettonie (LVS): Lituanie (LST): Luxembourg (SEE): Malte (MSA): Pays-Bas (NEN): Norvège (SN): Pologne (PKN): Portugal (IPQ): Roumanie (ASRO): Suède (SIS): Slovénie (SIST): Slovaquie (SUTN): Espagne (AENOR): République tchèque (CNI): Hongrie (MSZT): Chypre (CYS):	→ www.nbn.be → www.bds-bg.org → www.ds.dk → www.evs.ee → www.sfs.fi → www.afnor.org → www.bsigroup.com → www.nsai.ie → www.stadlar.is → www.uni.com/it → www.lvs.lv → www.lsd.lt → www.see.lu → www.msa.org.mt → www2.nen.nl → www.standard.no → www.pkn.pl → www.jpq.pt → www.asro.ro → www.sis.se → www.sis.se → www.sutn.sk → www.aenor.es → www.msz.t.hu → www.cys.org.cy
Vous trouverez des informations actuelles sur les organismes notifiés en France et dans les autres états membres de l'UE/AELE et des États tiers avec lesquels l'UE a conclu un traité sur le système d'information de l'UE NANDO.	Le Bundesanstalt für Arbeitsschutz	und Arbeitsmedizin met à votre disposition une liste des orga- ent notifiés par les États membres de l'UE :

Où trouver?			
Organes régionaux allemands de pro- tection au travail (structure variant d'un Land à l'autre)	Bade-Wurtemberg: Bavière: Berlin: Brandebourg: Brême: Hambourg: Hesse: Mecklembourg-Poméranie-Occidentale: Basse-Saxe: Rhénanie-du-Nord-Westphalie: Rhénanie-Palatinat: Sarre: Saxe: Saxe-Anhalt: Schleswig-Holstein: Thuringe:	→ www.gewerbeaufsicht.bade → www.lgl.bayern.de/arbeitssc → www.berlin.de/lagetsi → www.arbeitsschutzverwaltur → www.gewerbeaufsicht.brem → www.hamburg.de/arbeitssc → www.sozialnetz.de/ca/b/b → www.lagus.mv-regierung.de → www.gewerbeaufsicht.niede → www.arbeitsschutz.nrw.de/l → www.masgff.rlp.de/arbeit/a → www.lua.saarland.de → www.arbeitsschutz.sachsen → www.verbraucherschutz.sach → www.schleswig-holstein.de/Dl → www.thueringen.de/th7/tlv/	chutz/index.htm  ng.brandenburg.de en.de ehutz  ersachsen.de bp/index.html urbeitsschutz  .de sen-anhalt.de/arbeitsschutz E/Themen/A/arbeitsschutz
Belgique	Inspection du travail :	→ www.emploi.belgique.be/de	etailA_Z.aspx?id=916
Suisse	Inspection de la protection des travailleur	rs en Suisse :	→ www.seco.admin.ch
Liste des comités de prévoyance profes- sionnelle (Allemagne)	Nouvel ordre des comités et groupes aller 401 de la DGUV « Spécialités et domaines tences global pour la sécurité et la santé comités de prévoyance professionnelle se www.dguv.de/de/Pr%c3%a4vention/Fa	s de la DGUV » a établi la base d à même d'affronter les défis de eront remplacés par les domaine	'un réseau de compé- l'avenir. Les anciens es.
Adresses des caisses de prévoyance professionnelles	→ www.dguv.de/de/Berufsgenossenscha	aften-Unfallkassen-Landesverbär	nde
Assureurs légaux	Allemagne: Deutsche gesetzliche Unfallv Österreich: Allgemeine Unfallversicherun Suisse: Caisse nationale suisse d'assura	g:	<ul><li>→ www.dguv.de</li><li>→ www.auva.at</li><li>→ www.suva.ch</li></ul>

### Glossaire/Index

Abréviation	ns / terminologie	Explication	Index
λ	Failure rate per hour	$\begin{split} &\lambda: \text{taux de défaillance par heure, somme de } \lambda_{\text{S}} \text{ et } \lambda_{\text{D}} \\ &\bullet \lambda_{\text{S}}: \text{taux de défaillances en sécurité} \\ &\bullet \lambda_{\text{D}}: \text{taux de défaillances dangereuses, peut se diviser en :} \\ &\bullet \lambda_{\text{DD}}: \text{taux de défaillances dangereuses détectées par les fonctions de diagnostic} \\ &\bullet \lambda_{\text{DU}}: \text{taux de défaillances dangereuses non détectées} \end{split}$	→ 3-96 → 3-98
β (fac- teur)		Sensibilité aux défaillances de cause commune (CEI 62061) → CCF	→ 3-97 → 3-98
Α			
AMDE / FMEA	Failure mode effects analysis	Analyse des modes de défaillance et de leurs effets. Méthode d'analyse des effets des défaillances(CEI 812/EN 60812).	<b>→</b> 3-17
AOPD	Dispositif actif de protection optoélectronique	Dispositif dont la fonction de détection est réalisée par un système émetteur / récepteur optoélectronique qui détecte l'interruption de l'un des faisceaux optiques générés par l'appareil par un objet opaque présent dans le champ de protection défini (ou, pour une barrière immatérielle : sur l'axe du faisceau lumineux) (CLC/TS 61496-2).  Dans les normes DIN EN 692 « Presses mécaniques » et EN 12622 « Presses plieuses hydrauliques », l'abréviation AOS est utilisée comme synonyme de AOPD.	<b>→</b> 3-30
AOPDDR	Dispositif actif de protection optoélectronique sensible aux réflexions diffuses	Dispositif dont la fonction de détection est réalisée par un système émetteur/ récepteur optoélectronique qui détecte la réflexion diffuse du rayonnement op- tique émis, générée par un objet opaque présent dans le champ de protection bi-dimentionnel défini. (CEI/TS 61496-3, CLC/TS 61496-3)	→ 3-31
В			
B <sub>10d</sub>		Nombre de cycles au bout duquel 10 % des composants ont subi une défail- lance dangereuse (pour les composants pneumatiques et électromécaniques)	→ 3-17 → 3-93
Barrage im	ımatériel	Dispositif actif de protection optoélectronique AOPD dont la résolution est ≤ 116 mm	→ 3-29 sq → 3-47
Bâton test		Élément cylindrique opaque destiné à vérifier la capacité de détection du dispositif actif de protection optoélectronique AOPD (CEI/TS 61496-2, CLC/TS 61496-2)	
BGIA		→ IFA	
С			
·	e détection d'un capteur/résolution	La limite des paramètres du capteur dans laquelle l'équipement de protection électro-sensible (→ ESPE) réagit. Elle est définie par le fabricant.	<b>→</b> 3-32
Catégorie		Classement des éléments de sécurité d'une commande en fonction de leur résistance aux défauts et de leur comportement en cas de défaut	→ 3-18 → 3-89
CCF	Common cause failure	Défaillance de cause commune : défaillances de différentes unités en raison d'un événement unique, ces défaillances n'étant pas causées mutuellement	<ul><li>→ 3-16</li><li>→ 3-95</li><li>→ 3-97</li><li>→ 3-98</li></ul>
CEM	Compatibilité électromagnétique	Capacité d'un dispositif électrique à fonctionner de manière satisfaisante dans son environnement électromagnétique sans avoir d'influence non tolérée sur cet environnement auquel appartiennent d'autres équipements	<ul><li>→ 2-9</li><li>→ 3-95</li><li>→ 3-97</li></ul>
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Electrotechnique	Organisme chargé d'harmoniser les normes électrotechniques au sein de l'Union Européenne et de l'ensemble de l'Espace économique européen.  → www.cenelec.eu	→ §-7
Champ de	protection	<ul> <li>Zone à l'intérieur de laquelle l'éprouvette d'essai ou le bâton d'essai défini(e) par le fabricant est détectée par l'équipement de protection électro-sensible (ESPE).</li> <li>Barrage immatériel de sécurité : le champ de protection se situe entre l'émetteur et le récepteur. Il est défini par sa hauteur et sa largeur.</li> <li>Scrutateur laser de sécurité : le champ de protection couvre la zone dangereuse d'une machine ou d'un véhicule. Il est défini par sa portée, son angle de balayage, son temps de réponse et la résolution de l'appareil utilisé (voir caractéristiques techniques).</li> </ul>	<b>→</b> 3-47
CLC		Préfixe des normes adoptées par le CENELEC	→ §-7

D			
_			
DC	Diagnostic coverage	Couverture du diagnostic : mesure de l'efficacité du diagnostic, définie par le rapport entre le taux de défaillances dangereuses détectées et le taux de toutes les défaillances dangereuses	<ul><li>→ 3-95</li><li>→ 3-96</li><li>→ 3-98</li></ul>
Distance r	ninimale	Distance calculée entre le dispositif de protection et la zone dangereuse afin d'empêcher les personnes de pénétrer ou de passer des parties du corps à l'intérieur de cette zone dangereuse avant la fin du mouvement dangereux de la machine	→ 3-47 sqq
d <sub>op</sub>		Durée moyenne de fonctionnement en jours par an	<b>→</b> 3-93
E			
E/E/PES	Electrical, electronic and program- mable electronic safety-related systems	Systèmes de sécurité électriques, électroniques et programmables (CEI 62061/EN 62061)	
EDM	External device monitoring	Contrôle des contacteurs commandés : moyen par lequel l'équipement de protection électro-sensible (ESPE) surveille l'état des éléments de commande qui lui sont externes (CEI 61496-1/EN 61496-1). L'utilisation du dispositif EDM ne se limite pas aux ESPE.	<ul><li>→ 3-73</li><li>→ 3-93</li><li>→ 3-98</li></ul>
EFTA	European free trade association	Association européenne de libre-échange, organisation internationale fondée par des États européens	→ §-7
EMC	Electromagnetic compatibility	→ CEM	
ESPE	Équipement de protection élec- tro-sensible	Ensemble d'appareils et/ou composants travaillant conjointement pour obtenir un déclenchement de protection ou une détection de présence et comprenant au minimum (CEI 61496-1/EN 61496-1):  • un dispositif de détection  • des dispositifs de commande/surveillance  • des éléments de commutation du signal de sortie (OSSD)  Il sert à protéger les personnes qui travaillent sur des machines et des installations présentant un risque de blessure. Il fait passer la machine ou l'installation à un état sûr avant qu'une personne ne puisse se retrouver dans une situation dangereuse.	→ 3-29 sq
F			
FIT	Failure in time	Taux de défaillance en $10^{-9}$ heures	<b>→</b> 3-16
Fonction o	e sécurité	Fonction d'une machine dont la défaillance peut entraîner une augmentation immédiate du ou (des risques) (ISO 12100). Une fonction de sécurité est exécutée par des parties des systèmes de commande relatives à la sécurité (SRP/CS).	→ 3-2
	e sécurité partielle	Partie d'une fonction de sécurité exécutée par un sous-système de sécurité (par ex. : actionneur) pour réduire les risques	<b>→</b> 3-76
Н			
HFT[n]	Hardware fault tolerance	Aptitude à continuer d'accomplir une fonction requise en présence de défauts ou de défaillances (CEI 62061/EN62061)	<b>→</b> 3-96
h <sub>op</sub> 	Operating hours	Temps de fonctionnement moyen en heures par jour	<b>→</b> 3-93
IFA	Institut für Arbeitsschutz	Institut allemand pour la protection au travail géré par la caisse nationale de prévoyance professionnelle.  Jusqu'en 2009 : BGIA.	→ §-12
Inhibition (muting)		Fonction d'inhibition. Interruption automatique temporaire d'une ou des fonctions relatives à la sécurité par des parties de systèmes de commande relatives à la sécurité (CEI 61496-1/EN 61496-1)	<b>→</b> 3-38
L			
Lambda λ		<b>→</b> λ	→ 3-96 → 3-98
M			
 Mise sur le	e marché	En vertu de la loi allemande sur la sécurité des produits (Produktsicherheitsgesetz) : première mise à disposition sur le marché	<b>→</b> 6-1

Abréviatio	ns / terminologie	Explication	Index
Mode 1/2	2 passages	Ce mode de fonctionnement est utile lorsque l'opérateur doit insérer ou prélever des pièces à la main de manière cyclique. Dans ce mode, le cycle machine est automatiquement relancé à la libération du champ de protection après une ou deux intrusions.  Le réarmement est nécessaire dans les cas suivants :  • au démarrage de la machine  • au redémarrage, si l' → AOPD a été occulté  • pendant un mouvement dangereux  • pour enclencher un redémarrage après une durée supérieure à 30 s (cf. CEI 61496-1/EN 61496-1)  → Informations complémentaires : EN 692  Toutefois, il faut vérifier que l'opérateur ne court aucun danger pendant le processus de travail. Cela limite l'utilisation de ce mode de fonctionnement aux petites machines dont la zone dangereuse n'est pas accessible à pied et en présence d'une prévention du contournement. Tous les autres côtés de la machine doivent également être protégés par des mesures adaptées. L'utilisation de ce mode de fonctionnement nécessite des dispositifs AOPD d'une résolution inférieure ou égale à 30 mm (cf. ISO 13855, ainsi que EN 692, EN 693).  En général, lors du montage des dispositifs de protection, il faut éviter les erreurs suivantes : contournement par-dessus, par-dessous ou par les côtés, stationnement derrière le dispositif de protection.	<b>→</b> 3-41
MTTFd	Mean time to failure	Valeur probable du temps moyen avant défaillance dangereuse (ISO 13849-1/EN ISO 13849-1)	→ 3-90
N			
N/C	Normally Closed	Normalement fermé NF	<b>→</b> 3-21
N/O	Normally Open	Normalement ouvert NO	<ul><li>→ 3-45</li><li>→ 3-73</li></ul>
n <sub>op</sub>	Numbers of operation per year	Texte de la norme EN ISO 13849-1 : nombre moyen annuel d'utilisations (ISO 13849-1/EN ISO 13849-1) $ n_{op} = \frac{d_{op} \times h_{op} \times 3600 \frac{s}{h}}{t_{cycle}} $ est le temps de fonctionnement moyen en jours par an hop est le temps de fonctionnement moyen en heures par jour est la durée moyenne entre le début de deux cycles consécutifs du composant en secondes par cycle	<b>→</b> 3-93
0			
OSSD	Output signal switching device	La partie de l'équipement de protection électro-sensible (ESPE) reliée au circuit de commande de la machine ; elle est désactivée lorsque la partie capteur réagit pendant un fonctionnement normal	<ul><li>→ 3-18</li><li>→ 3-66 sq</li></ul>
	forcée (contacts guidés ou à e positive d'ouverture)	L'ouverture forcée signifie qu'il doit y avoir une transmission de force par contact solide entre l'actionneur et l'élément de commutation. Le mécanisme d'actionnement doit être conçu de telle manière que même en cas de défaillance mécanique, par ex. rupture d'un ressort ou contacts collés, le point de contact s'ouvrira toujours et restera ouvert à l'état actionné (CEI 60947-5-1/EN 60947-5-1).	<b>→</b> 3-24
Р			
PDF	Proximity device with defined behaviour under fault conditions	Détecteur de proximité présentant un comportement défini en cas de défail- lance	
PFHd	Probability of dangerous failure per hour	Probabilité moyenne d'une défaillance dangereuse par heure (1/h)	<ul><li>→ 3-85</li><li>→ 3-94</li><li>→ 3-95</li></ul>
PL	Performance Level	Niveau de performance ; niveau discret d'aptitude de parties relatives à la sécurité à réaliser une fonction de sécurité dans des conditions prévisibles (ISO 13849-1/EN ISO 13849-1)	<b>→</b> 3-86
Prévention	du contournement	Équipement de protection secondaire des machines/installations qui sont accessibles par le sol et pour lesquelles il faut empêcher que l'installation démarre tant qu'un opérateur se trouve à l'intérieur (Fonction de sécurité : empêcher le démarrage)	→ 3-50 sqq

₹		
Redémarrage	Remise en marche de la machine. Après le déclenchement d'une fonction de protection ou après un défaut, le dispositif de protection peut être réarmé pour autoriser le redémarrage de la machine.	→ 3-4 sq → 3-55 → 3-75
Réarmement	<ul> <li>Remise du dispositif de protection à l'état de surveillance.</li> <li>Le réarmement manuel s'effectue au moyen d'un dispositif séparé à actionner manuellement, par exemple un poussoir de réarmement.</li> <li>Le réarmement automatique par le dispositif de protection lui-même n'est autorisé qu'exceptionnellement : une personne ne doit pas pouvoir se tenir dans la zone dangereuse sans déclencher le dispositif de protection, ou bien il faut s'assurer que personne ne stationne dans la zone dangereuse pendant et après le réarmement.</li> </ul>	→ 3-46 → 3-65
Résolution/capacité de détection	La limite des paramètres du capteur dans laquelle l'équipement de protection électro-sensible (ESPE) réagit. Elle est définie par le fabricant.	<b>→</b> 3-31
5		
Sécurité fonctionnelle	Partie de la sécurité globale relative à la machine et à son système de commande qui dépend du bon fonctionnement des → SRECS, des systèmes de sécurité d'autres technologies et des dispositifs externes de réduction des risques	→ 3-1 → 3-85
SFF Safe failure fraction	Proportion du taux global des défaillances d'un sous-système qui n'entraînent pas une défaillance dangereuse (CEI 62 061/EN 62 061)	<b>→</b> 3-96
GIL Safety Integrity Level	Niveau d'intégrité de sécurité : niveau discret (parmi trois possibles) permettant de spécifier les exigences concernant l'intégrité de sécurité des fonctions de commande relatives à la sécurité, le niveau 3 d'intégrité de sécurité possédant le plus haut degré d'intégrité et le niveau 1 possédant le plus bas (CEI 62061/EN 62061)	→ 3-96
SILCL SIL claim limit	Limite d'exigence SIL (pour un sous-système) : SIL maximal qui peut être revendiqué pour un sous-système de →SRECS en relation avec des contraintes architecturales et l'intégrité de sécurité systématique (CEI 62061/EN 62061)	<ul><li>→ 3-85</li><li>→ 3-97</li><li>→ 3-99</li></ul>
SRECS Safety-related electrical control system	Systèmes de commande électriques, électroniques et électroniques pro- grammables relatifs à la sécurité : système de commande électrique d'une machine dont la défaillance peut provoquer un accroissement immédiat du/ des risque(s)	
SRP/CS Safety-related part(s) of control system	Partie d'un système de commande électrique relative à la sécurité : partie d'un système de commande qui répond à des signaux d'entrée et génère des signaux de sortie relatifs à la sécurité (ISO 13849-1/EN ISO 13849-1)	<b>→</b> 3-85
10d	Limitation du temps d'utilisation d'un composant. Temps moyen jusqu'à ce que 10 % des composants subissent une défaillance dangereuse. $T_{10d} = \frac{B_{10d}}{n_{op}}$ La durée MTTFd calculée pour les composants soumis à l'usure ne s'applique que pour cette valeur.	
Temporisation à l'appel	Durée permettant d'obtenir une activation retardée des contacts. Pour les dispositifs de coupure à temporisation à l'appel, le délai est réglable.	
Temps de réponse	Durée maximale entre un événement entraînant une réaction de l'élément capteur et le passage des éléments de commutation de sortie (OSSD) à l'état INACTIF.	→ 3-47
/		
/BPD Visual based protection device	Dispositif de protection par vision, c'est-à-dire reposant sur le traitement d'images. Par ex : caméras de sécurité	
/errouillage	Un dispositif de verrouillage est un dispositif mécanique, électrique ou autre dont le but est d'empêcher le fonctionnement d'un élément de machine dans des conditions données.	→ 3-21 so



### Glossaire/index ANNEXE

Abréviations / terminologie	Explication	Index
Verrouillage du redémarrage	Dispositif permettant d'empêcher le redémarrage automatique d'une machine après déclenchement de la fonction de sécurité pendant une partie dangereuse du cycle de fonctionnement de la machine, après modification du mode de fonctionnement ou d'actionnement de la machine ou après modification du dispositif de commande de démarrage de la machine (CEI 61496-1/EN 61496-1).  • Les modes de fonctionnement incluent : Coup par coup, Presse - cycle unique, automatique  • Les dispositifs de commande de démarrage comprennent : pédale, commande bimanuelle, mode 1 ou 2 passages par la fonction de détection de l'ESPE  • Verrouillage de démarrage (RES) : Si un faisceau au moins est coupé, la machine s'arrête et le verrouillage de démarrage (RES) s'enclenche. Elle permet de s'assurer que la machine ne peut redémarrer que lorsque le trajet lumineux est libre et le bouton de réarmement actionnée puis relâchée.	

### Co-auteurs - remerciements

La société SICK AG et l'équipe de rédaction remercient chaleureusement tous les co-auteurs qui ont participé à l'élaboration de ce guide, que ce soit par leurs corrections, leurs photographies ou leurs textes. De nombreux lecteurs de la précédente édition ont également contribué à l'aboutissement de cette mise à jour par leurs grandes connaissances techniques et leur expérience pratique. Merci pour leur soutien!

### Nous remercions en particulier (dans l'ordre alphabétique) :

- Dr. Tilmann Bork, Festo AG & Co. KG
- Pablo Ruiz, Festo AG & Co. KG
- SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG











### SICK EN BREF

SICK compte parmi les leaders mondiaux des capteurs intelligents et des solutions pour des applications industrielles. Avec presque 7.000 collaborateurs et plus de 50 filiales et participations ainsi que de représentations nombreuses dans le monde entier, nous sommes toujours plus proches de nos clients. Grâce à notre gamme unique de produits et de prestations de services, nous vous fournissons les bases nécessaires à la gestion sûre et efficace de vos processus, à la protection des personnes contre les accidents et à la prévention de dommages environnementaux. Nous disposons d'une expérience de longue date dans de nombreux secteurs et connaissons leurs processus et leurs exigences. Nous sommes donc en mesure de proposer à nos clients les capteurs intelligents spécialement conçus pour leurs besoins. Nos systèmes sont testés et optimisés dans des centres d'application situés en Europe, Asie et Amérique du Nord pour répondre précisément aux souhaits de nos clients. Tout cela fait de notre entreprise un fournisseur et partenaire de développement fiable.

Enfin, notre offre comprend une gamme complète de prestations : SICK LifeTime Services vous accompagnent tout au long du cycle de vie de vos machines et vous garantit sécurité et productivité.

Telle est notre définition de «Sensor Intelligence.»

### Dans le monde entier, à proximité de chez vous :

Afrique du Sud, Allemagne, Australie, Autriche, Belgique, Brésil, Canada, Chine, Danemark, Émirats arabes unis, Espagne, Finlande, France, Grande Bretagne, Hongrie, Inde, Israël, Italie, Japon, Le Chili, Malaisie, Mexique, Norvège, Nouvelle Zélande, Pays-Bas, Pologne, République de Corée, République Tchèque, Roumanie, Russie, Singapour, Slovaquie, Slovénie, Suède, Suisse, Taiwan, Thailande, Turquie, USA, Vietnam.

Contacts et autres représentations → www.sick.com

