

Sécurité des équipements de travail

Prévention des risques mécaniques

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

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

Il développe un ensemble de savoir-faire pluridisciplinaires qu'il met à la disposition de tous ceux qui, en entreprise, sont chargés de la prévention : chef d'entreprise, médecin du travail, CHSCT, salariés.

Face à la complexité des problèmes, l'Institut dispose de compétences scientifiques, techniques et médicales couvrant une très grande variété de disciplines, toutes au service de la maîtrise des risques professionnels.

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

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

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

Les caisses d'assurance retraite et de la santé au travail (Carsat), les caisses régionales d'assurance maladie (Cram) et caisses générales de sécurité sociale (CGSS)

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

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

© INRS, 2012.

Graphisme et mise en pages : Dominique Artis ; Michel Maître, www.planete-m.com
Illustrations (de couverture et intérieures) : Jean-André Deledda, www.3zigs.com

Sécurité des équipements de travail

Prévention des risques mécaniques



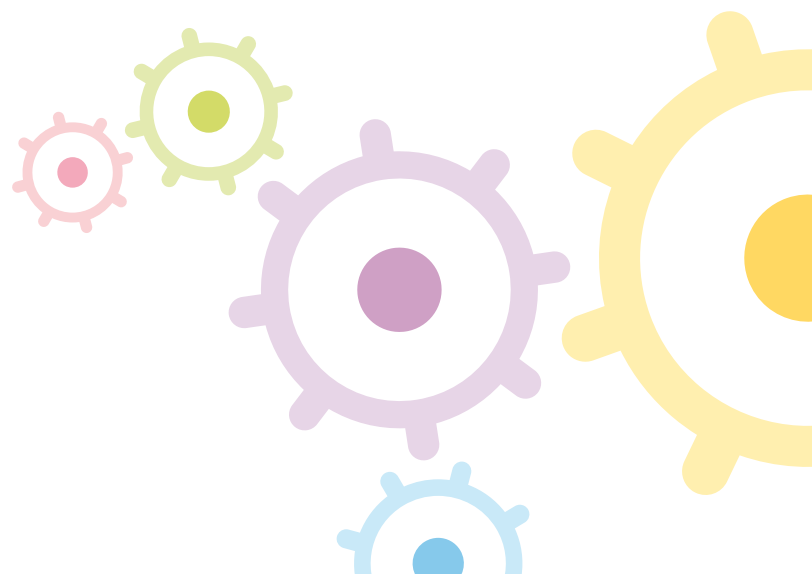
Ce document a été élaboré par un groupe de travail composé des personnes suivantes de l'INRS :
Jean-Christophe Blaise, Bruno Daille-Lefèvre, Henri Lupin, Jacques Marsot et Guy Wéltitz.

SOMMAIRE

Avant-propos	7
1. Définitions	9
2. Stratégie pour le choix des mesures de prévention	11
2.1. Démarche d'appréciation du risque	12
2.2. Démarche de réduction du risque	12
3. Identification des phénomènes dangereux d'origine mécanique	17
4. Mesures de prévention intrinsèque	21
4.1. Définition	21
4.2. Généralités	21
4.3. Éloignement des phénomènes dangereux	22
4.3.1. Atteinte par les membres supérieurs vers le haut (NF EN ISO 13857)	22
4.3.2. Atteinte par le dessous	22
4.4. Écartements minimaux pour éviter le risque d'écrasement	23
4.4.1. Dispositions générales	23
4.4.2. Zones de convergence	23
4.5. Limitation des efforts et de l'énergie	24
5. Choix d'un moyen de protection	25
5.1. Généralités	25
5.2. Choix d'un moyen de protection vis-à-vis des éléments mobiles de transmission	26
5.3. Choix d'un moyen de protection vis-à-vis des éléments mobiles concourant au travail	27
6. Protecteurs	29
6.1. Généralités	29
6.2. Distance de sécurité	30
6.2.1. Atteinte par le dessus (NF EN ISO 13857 paragraphe 4.2.2)	30
6.2.2. Atteinte au travers d'ouvertures (NF EN ISO 13857:2008 paragraphes 4.2.4 et 4.3)	33
6.3. Protecteur fixe	37
6.4. Protecteur mobile	37
6.5. Protecteur réglable sans outil	38
6.6. Protecteur commandant la mise en marche	38

7. Dispositifs de protection	39
7.1. Généralités	39
7.2. Dispositifs de verrouillage et d'interverrouillage	41
7.2.1. Dispositifs de verrouillage	42
7.2.2. Dispositifs d'interverrouillage	42
7.2.3. Interrupteurs de position	44
7.2.4. Dispositifs de blocage des protecteurs	47
7.2.5. Dispositifs de détection d'arrêt	49
7.2.6. Contrôleur de discordance	51
7.2.7. Dispositifs de freinage	52
7.3. Dispositifs de détection de personnes	52
7.3.1. Dispositifs optoélectroniques	53
7.3.2. Dispositifs sensibles à la pression	60
7.3.3. Dispositifs de détection par vision numérique	62
7.3.4. Dispositifs de détection par ondes radios	64
7.4. Commandes bimanuelles	66
7.4.1. Composition d'un dispositif de commande bimanuelle	66
7.4.2. Réglementation	67
7.4.3. Choix d'une commande bimanuelle	67
7.4.4. Recommandations pour l'installation	68
7.4.5. Interconnexion avec la machine	69
7.5. Choix du type de dispositif de protection Comparaison des équipements sensibles conçus pour la détection des personnes	70
8. Mesures de prévention compensatoires	71
8.1. Production	71
8.2. Hors production	72
8.3. Dispositifs de commande à action maintenue	74
8.4. Sélecteur	75
8.5. Dispositif de validation	76

9. Mesures complémentaires	77
9.1. Arrêt d'urgence	77
9.2. Appareils d'arrêt d'urgence (d'après NF EN ISO 13850 et NF EN 60947-5-5)	78
Annexes	81
1. Normes citées dans le document	82
2. Références bibliographiques	84



Avant-propos

Cette brochure s'adresse aux entreprises qui conçoivent, rénovent ou modifient des équipements de travail. Elle traite uniquement de la prévention des risques mécaniques liés aux éléments mobiles des machines fixes (les risques spécifiques aux machines mobiles et aux engins de levage ne sont pas abordés). Elle a pour objectif de faciliter le choix des mesures de prévention.

Elle se base sur les phénomènes dangereux mécaniques identifiés comme pertinents, qui nécessitent, d'après l'appréciation du risque préalablement effectuée, une action spécifique du concepteur pour éliminer ou réduire le risque associé.

D'autres mesures de prévention doivent être mises en œuvre pour améliorer la sécurité des opérateurs. Il s'agit :

- de mesures organisationnelles ;
- de la formation et de l'information des opérateurs ;
- de l'emploi d'équipements de protection individuelle, si nécessaire.

Concernant les mesures de prévention, ce document n'est pas exhaustif, il reprend des exemples connus à ce jour, dont on peut s'inspirer pour réduire les risques mécaniques. Pour le choix final du moyen de protection, il est recommandé, d'une part de s'appuyer sur les documents de référence cités en fin de chaque chapitre, et, d'autre part, de s'assurer que la solution adoptée ne génère pas d'autres risques ou n'est pas incompatible avec un risque d'une autre nature (chimique, explosion, etc.).

Par ailleurs, s'il existe des documents spécifiques à certaines machines, il est utile de se référer à ces documents.

Les deux premiers chapitres de ce recueil reprennent les principales définitions et résument la démarche à suivre pour le choix des mesures de prévention. Les troisième et quatrième chapitres sont dédiés à l'identification des phénomènes dangereux et aux mesures de prévention intrinsèque.

Les chapitres suivants permettent l'aide au choix des mesures de prévention. Pour chacune d'entre elles, les points suivants sont abordés : les définitions, l'aspect réglementaire, leur principe d'action, les facteurs à prendre en compte pour leur choix et leur mise en œuvre, les principaux documents de référence.

Les informations contenues dans cette brochure peuvent être complétées par celles qui figurent dans le dossier web du site Internet de l'INRS : www.inrs.fr.

De plus, une liste non exhaustive de fabricants est présentée sur ce site Internet.

Avertissement

Des extraits de normes ont été reproduits dans ce document avec l'autorisation de l'AFNOR.

Seuls font foi les textes de ces normes édités par l'AFNOR dans leur version originale.

Les normes citées dans cette brochure ne sont pas d'application obligatoire.

Elles ont été élaborées en vue de la conception des équipements de travail, et les informations techniques qu'elles contiennent peuvent également aider utilement les personnes en charge de modifications des machines en service.

La validité des informations contenues dans ce document s'entend à la date d'édition.

Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie, en fin d'ouvrage.

1. DÉFINITIONS

Machine (d'après directive 2006/42/CE)

Ensemble équipé ou destiné à être équipé d'un système d'entraînement autre que la force humaine ou animale appliquée directement, composé de pièces ou d'organes liés entre eux dont au moins un est mobile et qui sont réunis de façon solidaire en vue d'une application définie.

Le terme « machine » désigne aussi un ensemble de machines qui, afin de concourir à un même résultat, sont disposées et commandées de manière à être solidaires dans leur fonctionnement.

Se référer à l'article R. 4311-4 à R. 4311-4-6 du code du travail pour la définition complète et à l'article R. 4311-5 pour les exclusions.

Éléments mobiles

Éléments mobiles concourant au travail

Il s'agit des éléments mobiles qui contribuent à agir sur la matière à travailler, à serrer ou transporter, tels qu'un mandrin et son outil, les mors de serrage d'un étau, un tapis de convoyage de pièces, des cylindres de laminage ou d'impression, un bras de malaxage, etc.

Éléments mobiles de transmission

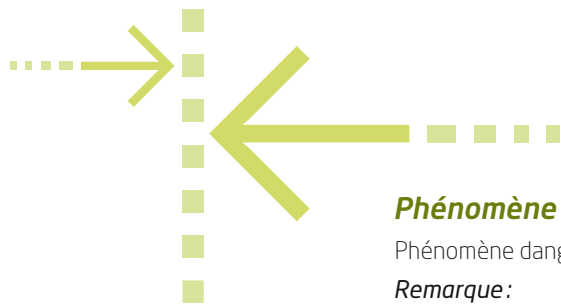
Il s'agit des éléments mobiles, tels que poulies, courroies, engrenages, crémaillères, arbres de transmission, vérins, roues, galets, pièces mobiles des dispositifs de guidage, etc., qui transmettent l'énergie mécanique aux éléments mobiles concourant au travail.

Phénomène dangereux (d'après NF EN ISO 12100)

Source potentielle de dommage.

Remarques :

1. L'expression « phénomène dangereux » et le terme « risque » (au sens de « phénomène dangereux ») peuvent être qualifiés de manière à faire apparaître l'origine (par exemple, phénomène dangereux mécanique, phénomène dangereux électrique) ou la nature du dommage potentiel (par exemple, risque de choc électrique, risque de coupure, risque d'intoxication, risque d'incendie).
2. Le phénomène dangereux envisagé dans cette définition :
 - ou bien est présent en permanence pendant l'utilisation normale de la machine (par exemple, déplacement d'éléments mobiles dangereux, arc électrique pendant une phase de soudage ; mauvaise posture, émission de bruit, température élevée) ;
 - ou bien peut apparaître de manière inattendue (par exemple, explosion, risque d'écrasement résultant d'une mise en marche intempestive/inattendue, projection résultant d'une rupture, chute résultant d'une accélération ou d'une décélération).



Phénomène dangereux pertinent (d'après NF EN ISO 12100)

Phénomène dangereux identifié comme existant sur une machine ou associé à une machine.

Remarque:

L'identification d'un phénomène dangereux pertinent est le résultat d'une étape du processus décrit dans la norme NF EN ISO 12100.

Phénomène dangereux significatif (d'après NF EN ISO 12100)

Phénomène dangereux identifié comme pertinent et qui nécessite, d'après l'appréciation du risque, une action spécifique du concepteur pour éliminer ou réduire le risque.

Risque (d'après NF EN ISO 12100)

Combinaison de la probabilité d'un dommage et de la gravité de ce dommage.

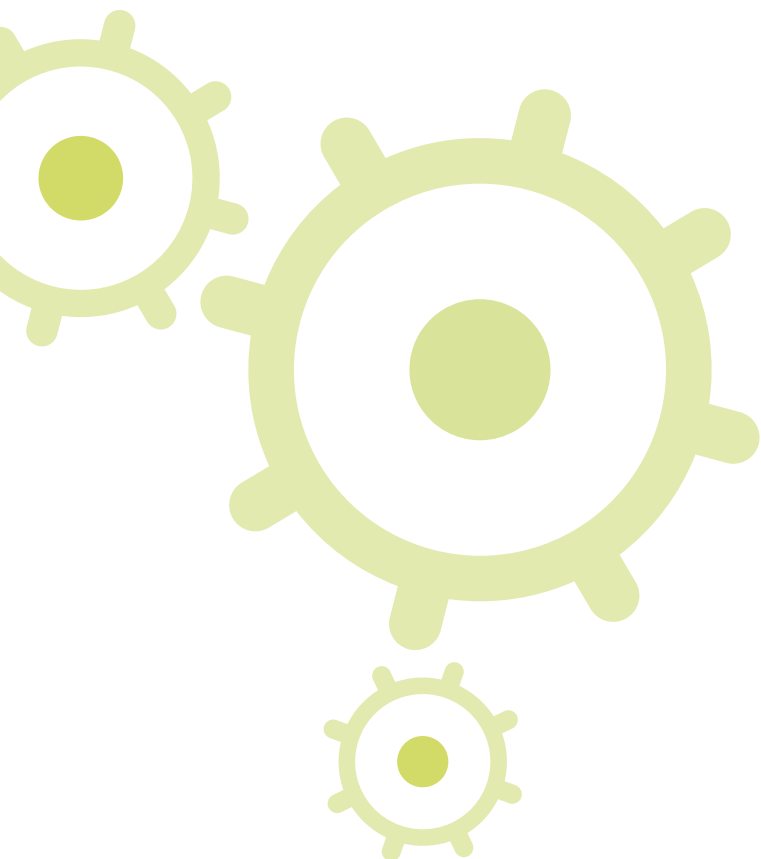
Mesure de prévention (d'après NF EN ISO 12100)

Mesure destinée à réduire le risque, mise en œuvre :

- par le concepteur (prévention intrinsèque, protection et mesures de prévention complémentaires, informations pour l'utilisation) ;
- et/ou par l'utilisateur (organisation : méthodes de travail sûres, surveillance, système du permis de travailler ; fourniture et utilisation de moyens de protection supplémentaires ; utilisation d'équipements de protection individuelle ; formation).

Remarque:

Cette brochure introduit, en plus des mesures de prévention complémentaires telles que définies dans la norme NF EN ISO 12100, la notion de mesures compensatoires (voir chapitre 2.2).



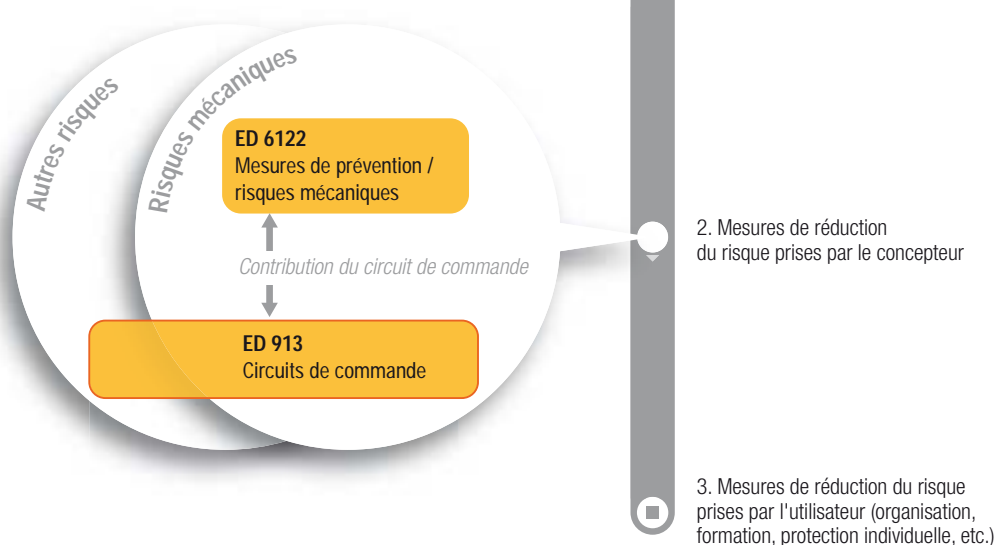
2. STRATÉGIE POUR LE CHOIX DES MESURES DE PRÉVENTION

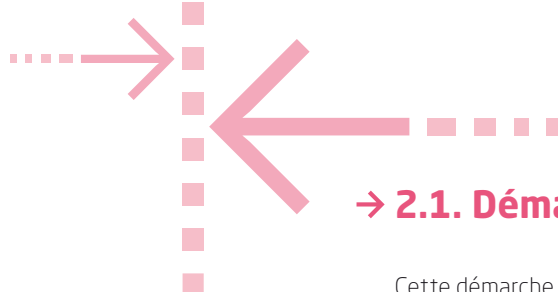
Comme rappelé dans l'avant-propos, cette brochure concerne uniquement le choix de mesures de prévention vis-à-vis des risques d'origine mécanique lors de la conception, rénovation ou modification d'un équipement de travail. Elle s'adresse donc plus particulièrement aux « concepteurs ». Par ce terme, on entend non seulement les constructeurs d'équipements de travail, mais également les entreprises spécialisées. Ces entreprises telles que les rénovateurs, voire les entreprises utilisatrices elles-mêmes si elles en ont la compétence, peuvent en effet être amenées à modifier leurs machines afin de les adapter à de nouvelles utilisations ou à de nouvelles fonctionnalités ou encore faire évoluer les mesures de protection existantes.

Comme l'illustre la figure ci-dessous, l'utilisation de cette brochure s'inscrit dans un processus global de réduction du risque. Elle se situe donc en aval d'une démarche préalable d'appréciation du risque, elle doit être complétée par des mesures de prévention prises au niveau de l'utilisation (méthodes de travail sûres, surveillance, formation, équipements de protection individuelle, etc.).

Par ailleurs, elle vient en complément de documents traitant d'autres types de risques (électrique, incendie-explosion, bruit, vibrations, etc.) et de ceux traitant des circuits de commande dès lors que ceux-ci participent aux fonctions de sécurité.

*Démarche globale de prévention
et positionnement de la brochure*





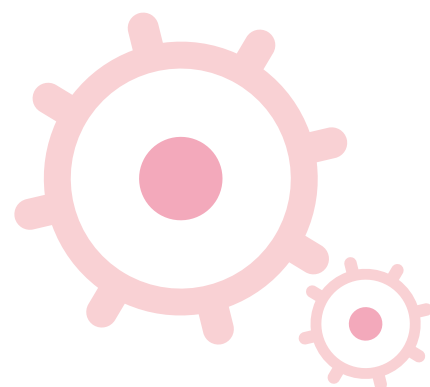
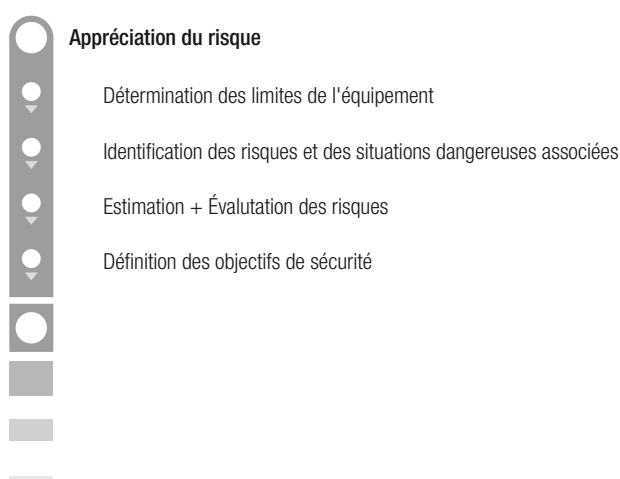
→ 2.1. Démarche d'appréciation du risque

Cette démarche a pour principal objectif d'identifier de la façon la plus exhaustive possible tous les phénomènes dangereux d'un équipement de travail.

Pour cela, elle doit être réalisée dans chacune des phases de vie de l'équipement étudié (conception, transport, assemblage et installation, exploitation, maintenance, démontage et mise au rebut), ainsi que dans chacun des modes de fonctionnement prévus (automatique, réglage, manuel, etc.).

Une fois cette identification réalisée, cette démarche propose des outils pour les hiérarchiser et ainsi permettre de définir, pour chacun d'eux, des objectifs en termes de réduction du risque (*voir figure ci-dessous*).

Pour la mise en pratique de cette démarche, nous recommandons au lecteur de se référer à la norme NF EN ISO 12100.



→ 2.2. Démarche de réduction du risque

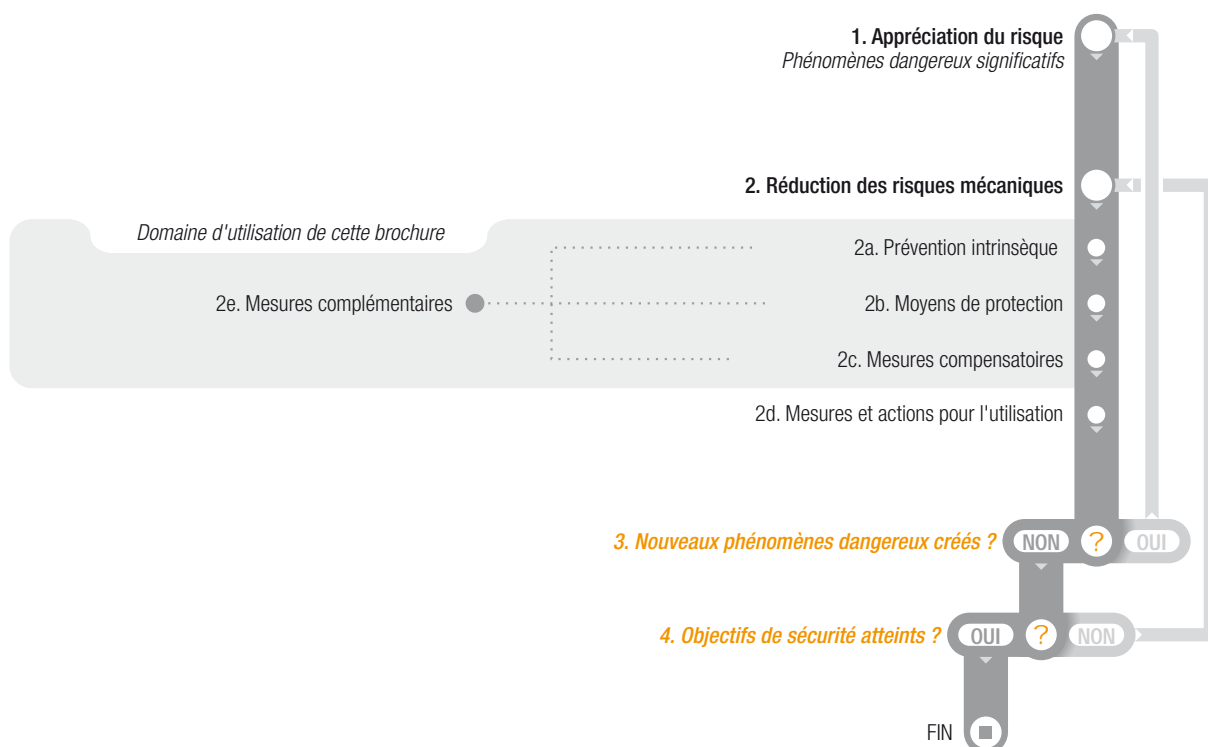
L'objectif de cette démarche est d'éliminer ou de réduire, dans la mesure du possible et compte tenu de l'état de la technique, tous les phénomènes dangereux significatifs.

Dans le cas qui nous intéresse (domaine d'utilisation de la brochure), **il s'agit uniquement des différents phénomènes dangereux d'origine mécanique.**

De même que précédemment, la démarche à suivre (*voir figure p. suivante*) doit être mise en œuvre dans chaque mode de fonctionnement du fait que :

- les phénomènes dangereux peuvent être différents selon le mode. Par exemple, une machine peut, selon le mode de fonctionnement, nécessiter la mise en service ou non d'éléments chauffants (présence ou non du phénomène dangereux lié à l'énergie thermique pouvant entraîner un risque de brûlure) ;
- pour un même phénomène dangereux, les moyens de protection peuvent également être différents selon le mode. Par exemple, dans le cas d'une zone robotisée, s'il est envisageable d'en interdire complètement l'accès en marche normale, il n'en est pas de même en mode apprentissage ;
- un moyen de protection pour un mode de fonctionnement peut se révéler être une source de dommage dans un type d'intervention telle que la maintenance. Par exemple, le fait d'éloigner un élément de transmission en le plaçant en hauteur afin qu'il soit hors de portée de l'opérateur en marche normale peut devenir source de danger en cas de maintenance (risque de chute).

La stratégie de réduction du risque proprement dite peut se résumer par la figure ci-dessous.



Dans les principes d'intégration de la sécurité, la directive « Machines » 2006/42/CE précise que le fabricant doit appliquer les principes suivants dans l'ordre indiqué (**trois étapes**) :

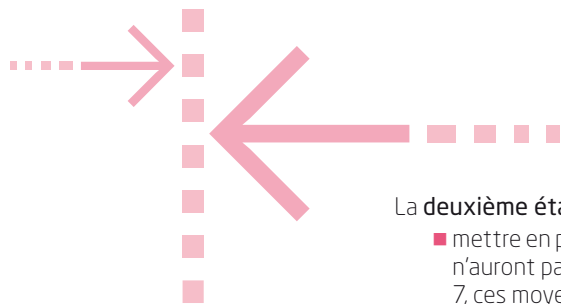
- 1** éliminer ou réduire les risques dans toute la mesure du possible (intégration de la sécurité à la conception et à la construction de la machine) ;
- 2** prendre les mesures de protection nécessaires vis-à-vis des risques ne pouvant être éliminés ;
- 3** informer les utilisateurs des risques résiduels dus à l'efficacité incomplète des mesures de protection adoptées, indiquer si une formation particulière est requise et signaler s'il est nécessaire de prévoir un équipement de protection individuelle.

Cette brochure traite des deux premières étapes. La deuxième étape, « prendre des mesures de protection nécessaires vis-à-vis des risques ne pouvant être éliminés », est détaillée selon l'ordre suivant :

- moyens de protection ;
- mesures de protection compensatoires ;
- mesures complémentaires.

Les données d'entrée sont les phénomènes dangereux significatifs. À titre indicatif, le chapitre suivant liste les principaux phénomènes dangereux d'origine mécanique pour lesquels des solutions de prévention sont ensuite proposées.

La **première étape** de cette démarche consiste à rechercher des mesures de prévention intrinsèque qui vont permettre, soit de supprimer le phénomène dangereux, soit de réduire les risques associés. Ces mesures se distinguent par le fait qu'elles sont par conception incluses dans les caractéristiques géométriques, physiques, mécaniques, etc. de l'équipement. Bien que, par définition, elles relèvent plus du domaine de la conception, certains principes de prévention intrinsèque, tels que ceux présentés dans le chapitre 4, peuvent également être appliqués lors de la modification de machines en service.



La **deuxième étape** consiste à :

- mettre en place des moyens de protection vis-à-vis des différents phénomènes dangereux qui n'auront pas été supprimés lors de l'étape précédente. Comme le présentent les chapitres 5 à 7, ces moyens de protection peuvent être des protecteurs fixes, des protecteurs mobiles, des dispositifs de protection (barrages immatériels, laser, tapis sensibles, etc.), des dispositifs de maintien à distance (grille, commande bimanuelle, etc.). Bien entendu, le choix d'un moyen de protection doit être fait en fonction :
 - du risque existant (par exemple, un barrage immatériel est inefficace vis-à-vis d'un risque de projection),
 - de la nature des éléments à protéger. Pour les éléments mobiles de transmission, l'objectif visé est en effet d'en interdire totalement l'accès, alors que pour les éléments mobiles concourant au travail, ceux-ci peuvent ne pas être complètement inaccessibles, en raison des opérations qui nécessitent l'intervention de l'opérateur ;
- utiliser, si les moyens de protection cités précédemment ne peuvent pas être mis en place, des mesures de prévention compensatoires (vitesse lente, commande à action maintenue, etc.). Ces mesures ne protègent pas directement d'un phénomène dangereux, mais elles permettent d'éviter des situations dangereuses imminentes ou en train de se produire (par exemple, une vitesse lente associée à une commande à action maintenue n'empêchera pas l'accès à une zone dangereuse mais permettra d'éviter le dommage ou de limiter sa gravité). Des exemples de ces mesures ainsi que des recommandations pour leur utilisation sont donnés dans le chapitre 8 de ce document ;
- enfin, mettre en œuvre si nécessaire des mesures complémentaires, telles qu'arrêt d'urgence, moyens de consignation, dispositifs d'alerte, etc. Les dispositions relatives aux arrêts d'urgence sont développées au chapitre 9 de ce document. En ce qui concerne les moyens de consignation, ceux-ci font l'objet de la brochure ED 6109 [9.1].

Une **dernière étape** de cette démarche fournit toutes les informations et instructions nécessaires afin de prendre les mesures organisationnelles et les actions de formation adaptées pour que l'équipement soit installé, réglé, utilisé, maintenu et démonté correctement. Elles doivent être réalistes, en tenant compte du contexte d'emploi et de ses contraintes, ainsi que des situations anormales prévisibles.

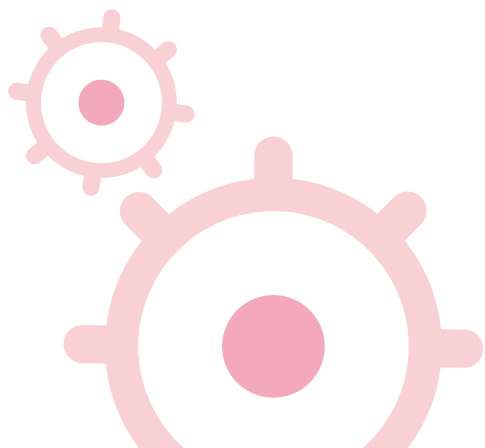
Lorsque des risques résiduels subsistent, le fabricant doit en avertir l'utilisateur de façon explicite. Il doit apposer les avertissements appropriés sur la machine : il peut notamment utiliser des pictogrammes compréhensibles par tous. Si nécessaire, il indique dans la notice d'instructions quels équipements de protection individuelle et/ou quelles mesures organisationnelles sont nécessaires.

Bien que cette dernière étape ne fasse pas partie du périmètre de cette brochure, nous rappelons que la conception des informations pour l'utilisation fait partie intégrante de la démarche de réduction du risque et qu'en cas de modification de tout ou partie d'une machine, ces informations doivent impérativement être mises à jour. Nous invitons le lecteur à se reporter aux documents traitant de ces sujets (NF EN ISO 12100-1, NF EN 62079, brochure ED 804 [2.1], etc.).

Remarque

Pour chacune des étapes de cette démarche, il convient, lorsque la sécurité repose pour partie sur le circuit de commande, de se reporter à la brochure INRS ED 913 [2.2], à la note scientifique et technique INRS NS 302 [2.3] ainsi qu'aux normes qui traitent de ce sujet (NF EN ISO 13849-1, NF EN 62061, NF EN 60204-1, NF EN 1088+A2, NF EN 574+A1, etc.).

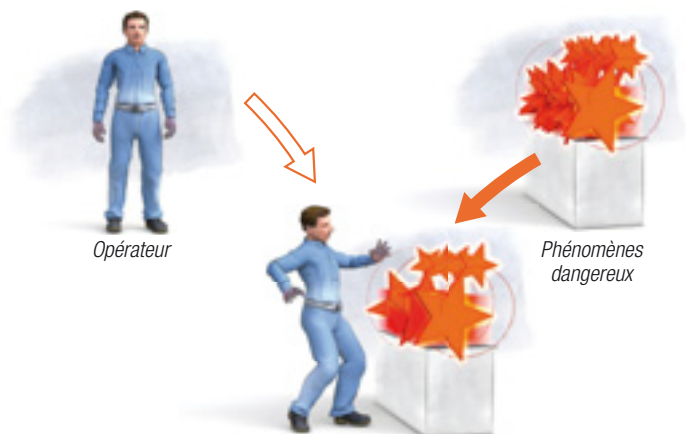
En mettant en parallèle le processus d'action sur les phénomènes dangereux et la démarche de prévention, la figure ci-contre, illustre, d'une part la hiérarchie des mesures de prévention, et, d'autre part, le périmètre d'utilisation de cette brochure.



→ **Illustration du processus d'action sur les phénomènes dangereux et de la hiérarchie des mesures de prévention**

Processus d'action sur les phénomènes dangereux

Actions d'élimination ou de réduction des phénomènes dangereux



Actions de protection contre les phénomènes dangereux



Actions sur la situation dangereuse



Mesures et actions pour l'utilisation



Démarche de prévention

Prévention intrinsèque

Chapitre IV

Choix d'un moyen de protection

Chapitre V

Protecteurs

Fixes, mobiles, réglables

Chapitre VI

Dispositifs de protection

Barrages, tapis, lasers, etc.

Chapitre VII

Mesures compensatoires

Vitesse lente, action maintenue, dispositif de validation, etc.

Chapitre VIII

Mesures complémentaires
Arrêt d'urgence

Chapitre IX

Information, formation, organisation, EPI

Non traités dans cette brochure



3. IDENTIFICATION DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX D'ORIGINE MÉCANIQUE

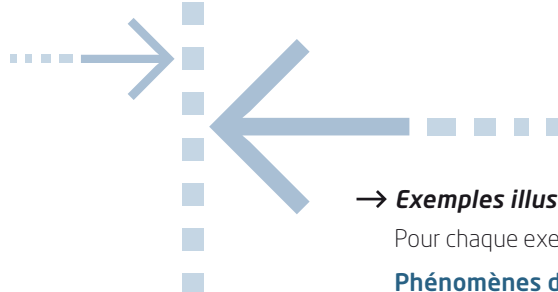
Les phénomènes dangereux d'origine mécanique correspondent à l'ensemble des facteurs physiques qui peuvent être à l'origine d'une blessure par l'action mécanique d'éléments de machine, d'outils, de pièces, de charges, de projections de matériaux solides ou de fluides.

Ils peuvent être qualifiés de manière à faire apparaître la nature du dommage potentiel, on parlera alors de :

- risque d'écrasement ;
- risque de cisaillement, de coupure ou de sectionnement ;
- risque de happement, d'enroulement, d'entraînement, d'engagement ou d'emprisonnement ;
- risque de chocs avec des éléments solides ou des fluides sous pression ;
- risque de perforation ou de piqûre ;
- risque d'abrasion ;
- risque d'injection de fluide sous pression.









Ces phénomènes dangereux sont conditionnés notamment par les facteurs suivants :

- forme (éléments coupants, arêtes vives, pièces de forme aiguë, même pour des éléments immobiles) ;
- disposition relative, qui peut engendrer des zones d'écrasement, de cisaillement, de happement, quand des éléments sont en mouvement ;
- résistance au renversement (compte tenu de l'énergie cinétique) ;
- masse et stabilité (énergie potentielle d'éléments qui peuvent se déplacer sous l'effet de la pesanteur) ;
- masse et vitesse (énergie cinétique d'éléments en mouvement contrôlé ou incontrôlé) ;
- accélération/décélération ;
- insuffisance de la résistance mécanique, qui peut engendrer des ruptures ou des éclatements dangereux ;
- énergie potentielle d'éléments élastiques (ressorts) ou de liquides ou de gaz sous pression ou sous vide ;
- environnement de travail.



→ **Exemples illustrant différents phénomènes dangereux d'origine mécanique**
 Pour chaque exemple ne sont repris que les phénomènes dangereux les plus représentatifs.

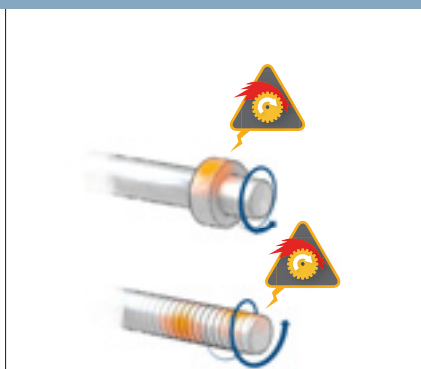
Phénomènes dangereux mécaniques

- | | |
|---|---|
|  1. Écrasement |  5. Piqûre, perforation |
|  2. Coupure, cisaillement, sectionnement |  6. Frottement, abrasion |
|  3. Entraînement, happement, enroulement |  7. Injection |
|  4. Choc |  8. Emprisonnement |

Éléments mobiles de transmission (exemples)



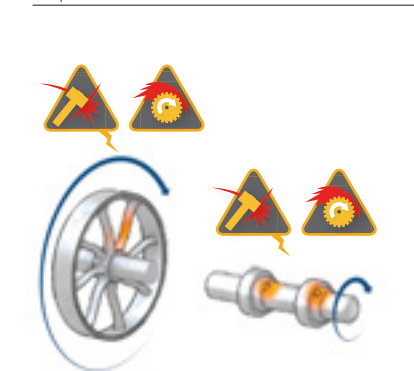
Représentation d'un levier



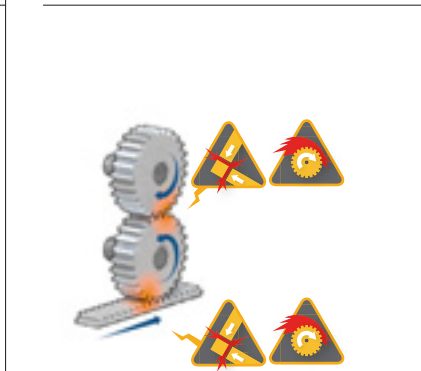
Broche ou vis sans fin en rotation



Banc de machine-outil en mouvement



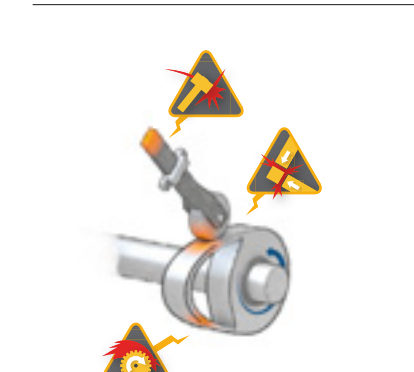
Volants et arbres



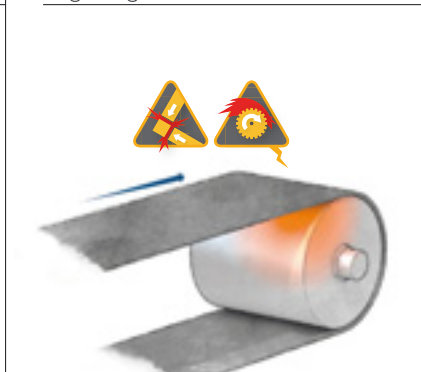
Engrenages



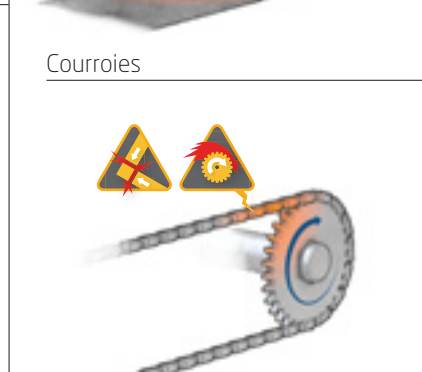
Glissière



Systèmes à came



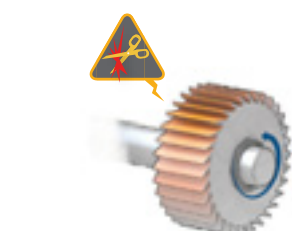
Poulie et courroie



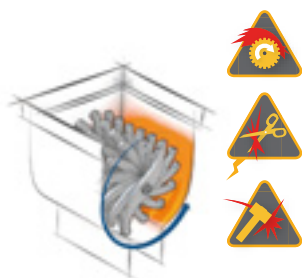
Courroies

Roue à chaîne

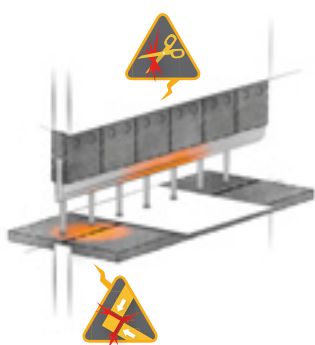
Éléments mobiles concourant au travail (exemples)



Fraise



Broyeur



Cisaille guillotine



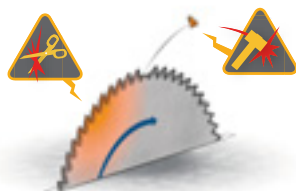
Laminoir



Emprisonnement



Fraise de toupie



Lame de scie circulaire
à denture rapportée (dent projetée)



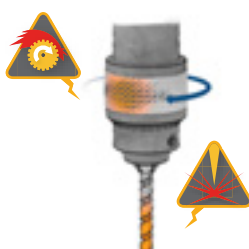
Disque de tronçonnage



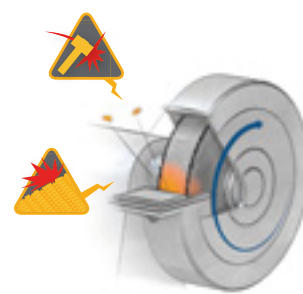
Agrafeuse



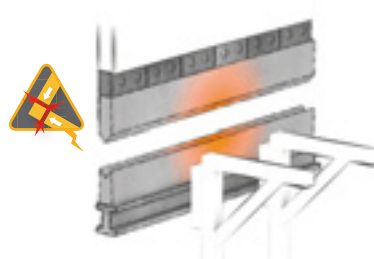
Scie à ruban



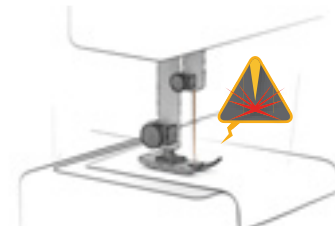
Foret de perceuse



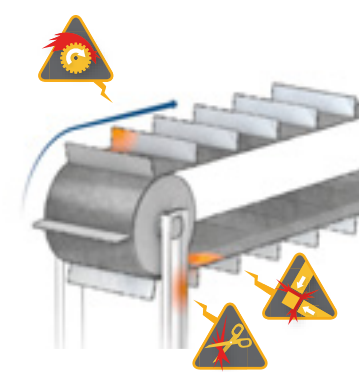
Meuleuse



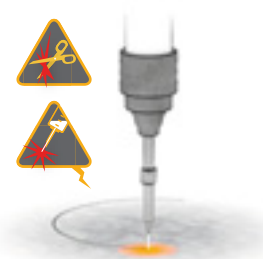
Presse plieuse



Machine à coudre



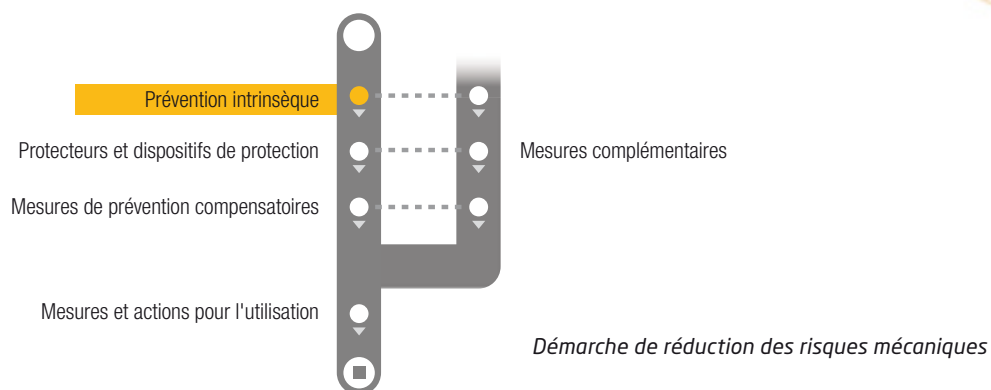
Transporteur à bande, à auges



Coupure + injection



4. MESURES DE PRÉVENTION INTRINSÈQUE



→ 4.1. Définition

« Mesure de prévention qui, en modifiant la conception ou des caractéristiques de fonctionnement de la machine et sans faire appel à des moyens de protection, élimine des phénomènes dangereux ou réduit le risque lié à ces phénomènes. » (NF EN ISO 12100)

→ 4.2. Généralités

Comme rappelé dans le chapitre précédent, la prévention intrinsèque constitue la première, et la plus importante, étape du processus de réduction du risque. Elle va en effet permettre, soit de supprimer le phénomène dangereux, soit de réduire les risques associés par limitation des accès et/ou des niveaux d'énergie (voir NF EN ISO 12100).

Les mesures de prévention intrinsèque se distinguent des autres moyens de protection par le fait qu'elles sont incluses dans les caractéristiques géométriques, physiques, mécaniques, etc. de l'équipement. Elles relèvent donc du domaine de la conception et font appel aux capacités d'innovation des concepteurs d'équipements de travail.

Toutefois, certains principes de prévention intrinsèque, tels que ceux présentés ci-après, peuvent également être appliqués lors de la modification de machines en service bien que cela soit généralement plus difficile. Il s'agit par exemple :

- d'éloigner les phénomènes dangereux afin de les rendre inaccessibles des opérateurs ;
- d'augmenter, ou de diminuer, les espaces entre des éléments en mouvement afin d'éviter les risques d'écrasement ;
- de limiter les énergies (efforts, vitesse, masse, etc.) des phénomènes dangereux ;
- de supprimer les arêtes vives, les angles vifs, les pièces saillantes et/ou accessibles aux opérateurs.

→ 4.3. Éloignement des phénomènes dangereux

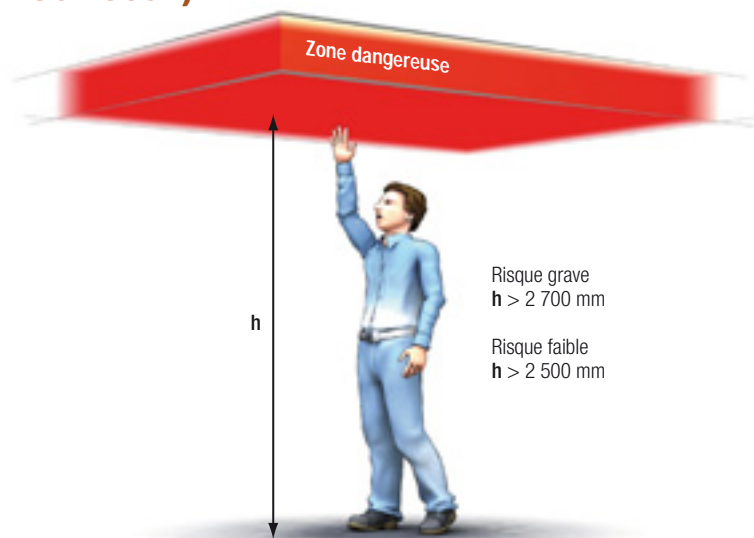
La suppression de la plupart des risques d'origine mécanique peut être obtenue par construction en respectant des distances de sécurité minimales. Le respect de ces distances de sécurité permet de maintenir la zone dangereuse éloignée du corps humain ou d'une partie du corps humain. En conséquence, les principaux facteurs à prendre en compte pour une protection efficace sont :

- les dimensions anthropométriques du corps humain et des différentes parties du corps humain ;
- les dimensions des zones dangereuses ;
- les dimensions des ouvertures ;
- le niveau de risque – grave (lésions non réversibles) ou faible (lésions réversibles).

Attention !

Attention en éloignant les phénomènes dangereux à ne pas engendrer d'autres risques, notamment pour la maintenance. Par exemple, en cas de nécessité d'intervention en hauteur, il est nécessaire de prévoir des moyens d'accès permanents, escalier, rampe, plate-forme, garde-corps, orifices d'accès, etc. Pour leur conception, nous invitons le lecteur à se référer aux normes correspondantes NF EN ISO 14122-1 à 4 et NF EN 547-1 à 3+A1.

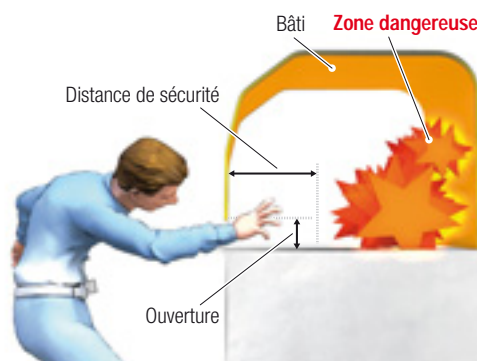
4.3.1. Atteinte par les membres supérieurs vers le haut (NF EN ISO 13857)



Les phénomènes dangereux peuvent être considérés hors d'atteinte d'un opérateur s'ils sont éloignés à plus de 2,70 m vers le haut sans possibilité d'accès (escalade, par exemple). Pour les risques faibles, c'est-à-dire n'entraînant pas de lésions irréversibles, cette valeur peut être réduite à 2,50 m.

4.3.2. Atteinte par le dessous

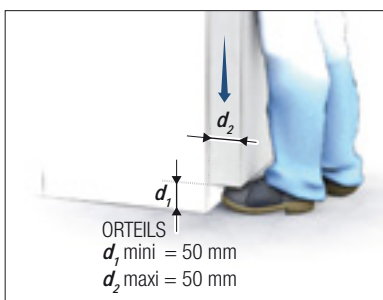
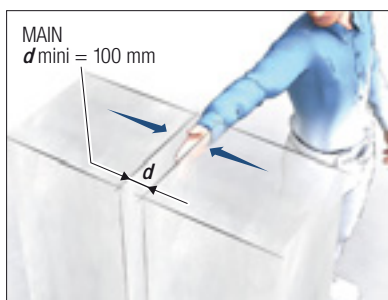
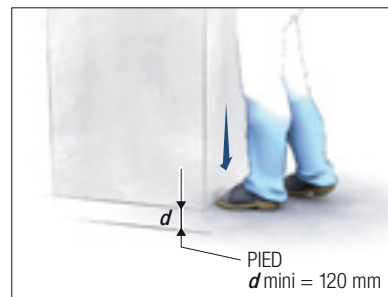
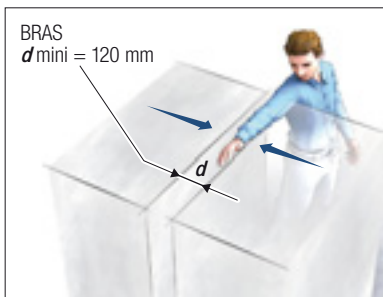
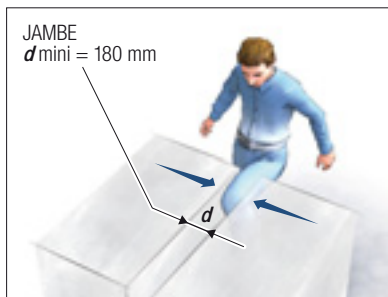
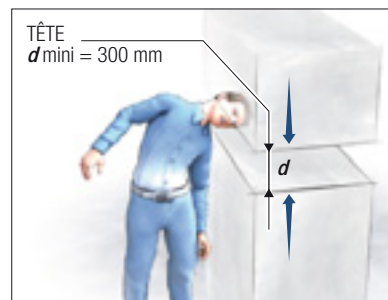
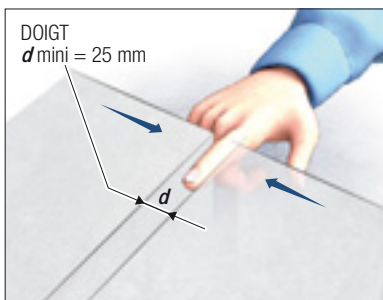
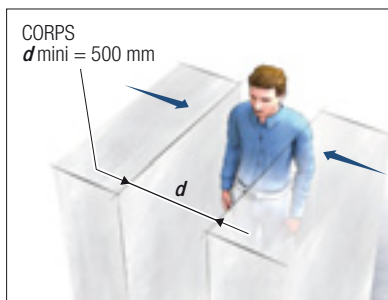
Pour dissuader l'accès par-dessous, il faut limiter l'espace libre entre le bâti machine et le sol. Dans le cas où le bâti ne descend pas jusqu'au sol, il faut se référer au tableau du chapitre 6.2.2 (ouverture en forme de fente) pour déterminer la distance de sécurité à respecter en fonction de la taille de l'ouverture.



→ 4.4. Écartements minimaux pour éviter le risque d'écrasement

4.4.1. Dispositions générales

Les phénomènes dangereux d'écrasement et de cisaillement peuvent être intrinsèquement évités en respectant un écartement minimal entre les pièces en mouvement, de sorte que la partie du corps considérée puisse prendre place sans risque dans l'espace ainsi créé.



Données reprises de la norme NF EN 349+A1
«Écartements minimaux pour prévenir
les risques d'écrasement de parties du corps
humain»

4.4.2. Zones de convergence

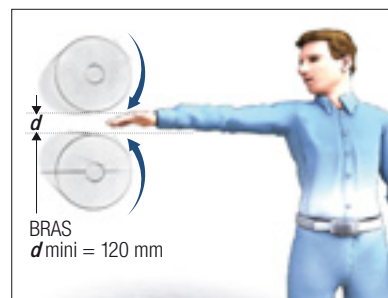
En plus du respect des distances de sécurité minimales précédemment définies, des dispositions particulières peuvent être prises pour la protection contre les risques propres aux zones de convergence.

Paire de cylindres sans contact

Le bras, qui pénètre dans la zone de l'intervalle libre entre les deux cylindres lisses de faible diamètre, peut être entraîné si celui-ci est inférieur à 120 mm (voir réf. AISS par exemple et norme NF EN 349+A1).

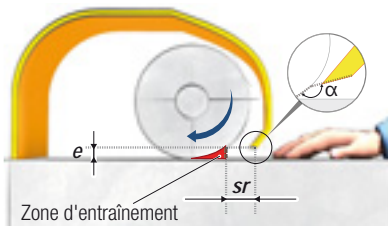
Attention!

D'autres paramètres sont à prendre en compte, l'effet d'entraînement augmente avec le diamètre des rouleaux, leur rugosité, leur vitesse de rotation, les produits travaillés, etc.



Cylindre et autres parties

Il est possible de rendre inaccessibles les zones d'entraînement et d'écrasement par la conception des bâtis par rapport aux zones de convergences.



Limitation de l'accès

$e \leq 8 \text{ mm}$

$sr \geq 20 \text{ mm}$

Note : Se référer au tableau du chapitre 6.2.2 pour plus de détail sur la distance de sécurité (sr) en fonction de la dimension (e) de l'ouverture.

Facilitation du retrait des doigts

$\alpha > 90^\circ$

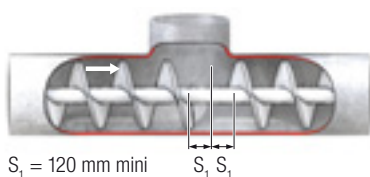
Un angle (α) aigu rend plus difficile le retrait des doigts de la main.

Tenir compte d'autres facteurs augmentant le danger : rugosité, vitesse, etc.

Vis sans fin

Si la nature du produit transporté le permet, le risque d'entraînement et d'écrasement peut être supprimé par la forme de la vis d'alimentation et par le respect de distances de sécurité.

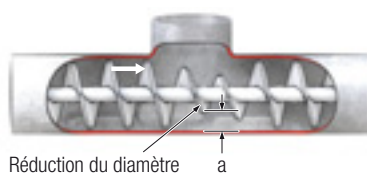
Interruption de l'hélice



$S_1 = 120 \text{ mm mini}$

S_1, S_1

Réduction locale du diamètre de l'hélice



$a = 100 \text{ mm mini (main)}$
 $a = 25 \text{ mm mini (doigt)}$

Réduction du diamètre

a

Ces valeurs indicatives sont reprises du guide AISS *Prévention des risques mécaniques, solutions pratiques* [4.2].

→ 4.5. Limitation des efforts et de l'énergie

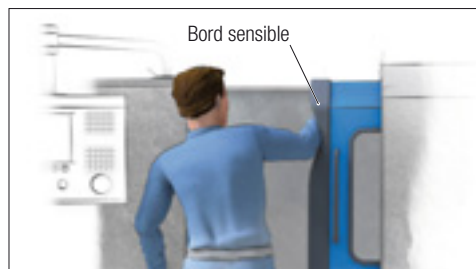
Ce principe de protection par limitation des efforts et de l'énergie à des valeurs non dangereuses ne peut être utilisé que dans le cas où les caractéristiques de l'actionneur sont suffisantes pour assurer la fonction requise (poussée, serrage, fermeture, etc.).

→ Exemples d'application de ce principe



S'il n'y a pas de remontée automatique du piston, il ne faut pas dépasser la série de **valeurs n°1**.

Si le piston remonte automatiquement, par exemple par relâchement d'une pédale à action maintenue, il ne faut pas dépasser la série de **valeurs n°2**.



Si la porte n'est pas équipée d'un dispositif de protection qui provoque automatiquement sa réouverture, il ne faut pas dépasser la série de **valeurs n°1**.

Si la porte est équipée d'un bord sensible qui provoque automatiquement sa réouverture, il ne faut pas dépasser la série de **valeurs n°2**.

	Valeurs n°1*	Valeurs n°2*
Effort maximal s'exerçant sur des parties du corps	75 N	150 N
Énergie cinétique maximale de la partie mobile	4 J	10 J**
Pression de contact maximale	50 N/cm ²	

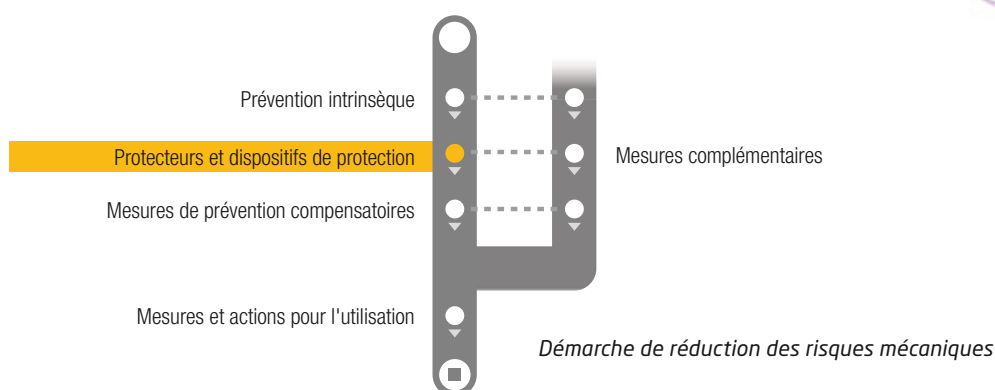
* Ces valeurs indicatives sont reprises des documents suivants :

– norme NF EN 81-1, « Règles de sécurité pour la construction et l'installation des ascenseurs – Partie 1 : Ascenseurs électriques » ;

– guide AISS Prévention des risques mécaniques. Solutions pratiques [4.2].

** Des conditions complémentaires sont à prendre en compte lorsque le protecteur est en bout de course de fermeture, telles que : réduction de vitesse, limitation de l'énergie cinétique, conception de la bordure sensible pour amortir le choc ou limiter l'écrasement.

5. CHOIX D'UN MOYEN DE PROTECTION



→ 5.1. Généralités

Il existe deux grandes familles de moyens de protection :

- les protecteurs ;
- les dispositifs de protection.

Les protecteurs sont constitués de trois familles :

- les protecteurs fixes (voir chapitre 6.3) ;
- les protecteurs mobiles (voir chapitre 6.4) ;
- les protecteurs réglables (voir chapitre 6.5).

Les dispositifs de protections sont des moyens de protection autres que des protecteurs, par exemple :

- les dispositifs de verrouillage (voir chapitre 7.2) ;
- les dispositifs de détection des personnes (voir chapitre 7.3) ;
- les dispositifs de commandes bimanuelles (voir chapitre 7.4).

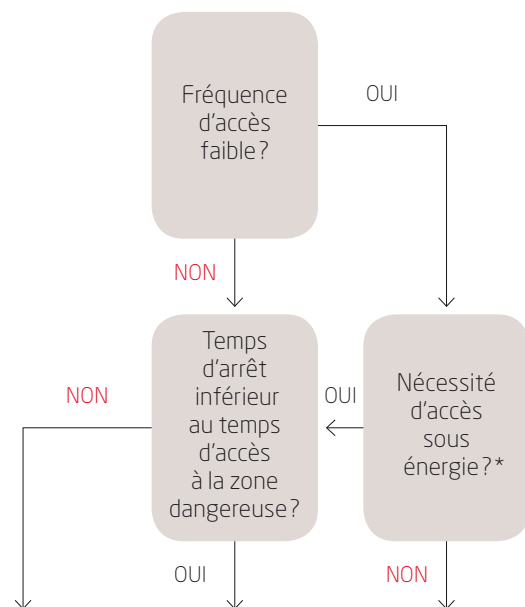
Le choix d'un de ces moyens de protection est essentiellement fonction :

- du type des éléments mobiles (éléments mobiles de transmission ou éléments mobiles concourant au travail) ;
- de la nature du risque (risque de projection, par exemple) ;
- de la fréquence d'accès à la zone dangereuse ;
- du temps d'arrêt des éléments dangereux ;
- de la nécessité d'accéder à proximité de la zone dangereuse avec maintien des énergies ou non (voir chapitre 8).

La fréquence des accès concerne aussi bien les accès pour les réglages, la maintenance, que pour les opérations de production. Un accès au moins une fois par jour ou par poste sera jugé fréquent¹.

1. Dans une entreprise où un même opérateur de maintenance effectue des opérations similaires sur une série de machines, le cahier des charges d'une nouvelle machine peut définir qu'un accès est fréquent sur une zone.

→ 5.2. Choix d'un moyen de protection vis-à-vis des éléments mobiles de transmission



Protecteurs fixes	NON	NON	OUI
Protecteurs mobiles avec dispositif de verrouillage	NON	OUI	OUI
Protecteurs mobiles avec dispositif d'interverrouillage	OUI	OUI**	OUI**
Dispositifs de protection	INTERDIT		
Protecteurs réglables			

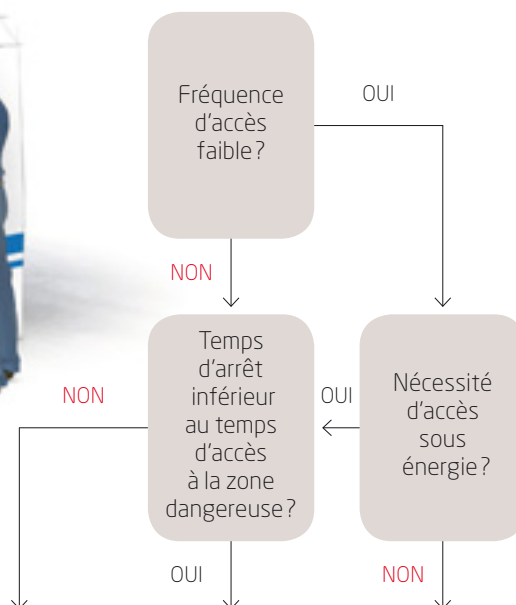
* Par exemple, pour un accès dédié au réglage d'une transmission en cours de fonctionnement. Dans ce cas, un protecteur mobile sera nécessaire. Une fois celui-ci ouvert, la machine pourra redémarrer protecteur neutralisé, sous conditions telles qu'à vitesse lente et avec une commande à action maintenue (un sélecteur est nécessaire pour passer dans ce mode de fonctionnement).

** Pour éviter, par exemple, une perte de production ou une casse d'outil par ouverture inopinée du protecteur.

→ 5.3. Choix d'un moyen de protection vis-à-vis des éléments mobiles concourant au travail



Le choix d'un moyen de protection des éléments mobiles concourant au travail est illustré par le logigramme ci-contre, de sorte à les rendre complètement inaccessibles lorsqu'ils sont en mouvement.



Protecteurs fixes	NON	NON	OUI
Protecteurs mobiles avec dispositif de verrouillage	NON	OUI	OUI
Protecteurs mobiles avec dispositif d'interverrouillage	OUI	OUI*	OUI
Dispositifs de protection	NON	OUI**	OUI
Protecteurs réglables	SANS OBJET		

* Pour éviter, par exemple, une perte de production ou une casse d'outil par ouverture inopinée du protecteur.

** Dans le cas de risque de projection, de rayonnements ou d'émanation de gaz, ne pas utiliser de dispositif de protection.

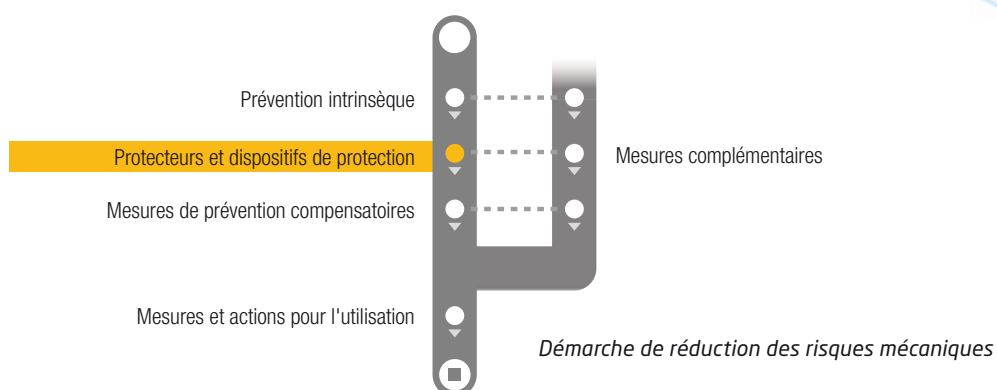
Toutefois, lorsque les éléments mobiles concourant au travail ne peuvent être rendus complètement inaccessibles pendant leur fonctionnement en raison des opérations qui nécessitent les interventions de l'opérateur, ces éléments doivent être munis :

- de protecteurs fixes, ou de protecteurs mobiles associés à un dispositif de verrouillage ou d'interverrouillage, empêchant l'accès aux éléments mobiles dans les zones où ils ne travaillent pas ;
- et de protecteurs réglables sans outil, limitant l'accès aux parties des éléments mobiles auxquelles il est nécessaire d'accéder pour effectuer le travail.





6. PROTECTEURS



→ 6.1. Généralités

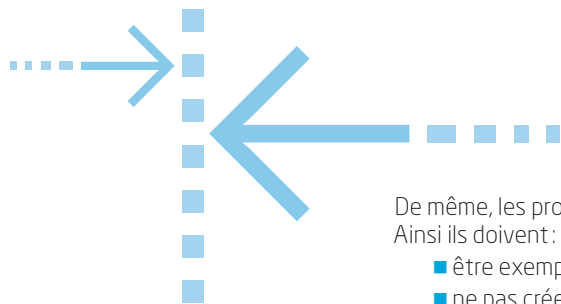
Selon la norme NF EN ISO 12100-1, un protecteur est une barrière physique, conçue comme un élément de la machine, et qui assure une fonction de protection vis-à-vis d'un ou plusieurs phénomènes dangereux. Cette fonction ne peut être assurée que lorsque le protecteur est en position fermée.

En fonction de sa conception, de son utilisation, un protecteur peut également être appelé carter, blindage, couvercle, écran, porte, enceinte.

Pour plus d'informations, nous invitons le lecteur à se reporter à la norme NF EN 953+A1 qui traite de ces aspects.

Comme le rappelle cette norme, en plus de réduire autant que possible l'accès aux zones dangereuses, les protecteurs doivent être conçus, réalisés et disposés de manière à :

- permettre les interventions courantes de réglage, de graissage et de maintenance sans avoir à les ouvrir ou les démonter ;
- offrir une visibilité suffisante du processus ;
- limiter les efforts physiques de l'opérateur pour leur manipulation (poids, forme, dispositifs de préhension, assistance mécanique, etc.) ;
- résister aux risques potentiels de projections d'éléments (fragments d'outils ou pièces) ou de substances dangereuses (liquide de refroidissement, vapeurs, gaz, copeaux, étincelles, poussières, etc.) ;
- résister à l'oxydation et à la corrosion prévisibles générées par le produit, le processus ou l'environnement (fluides d'usinage, agents de nettoyage, utilisation en extérieur, etc.) ;
- atténuer les émissions de nuisances physiques (bruits, vibrations, rayonnements, etc.) ;
- etc.



De même, les protecteurs ne doivent pas générer par eux-mêmes d'autres phénomènes dangereux. Ainsi ils doivent :

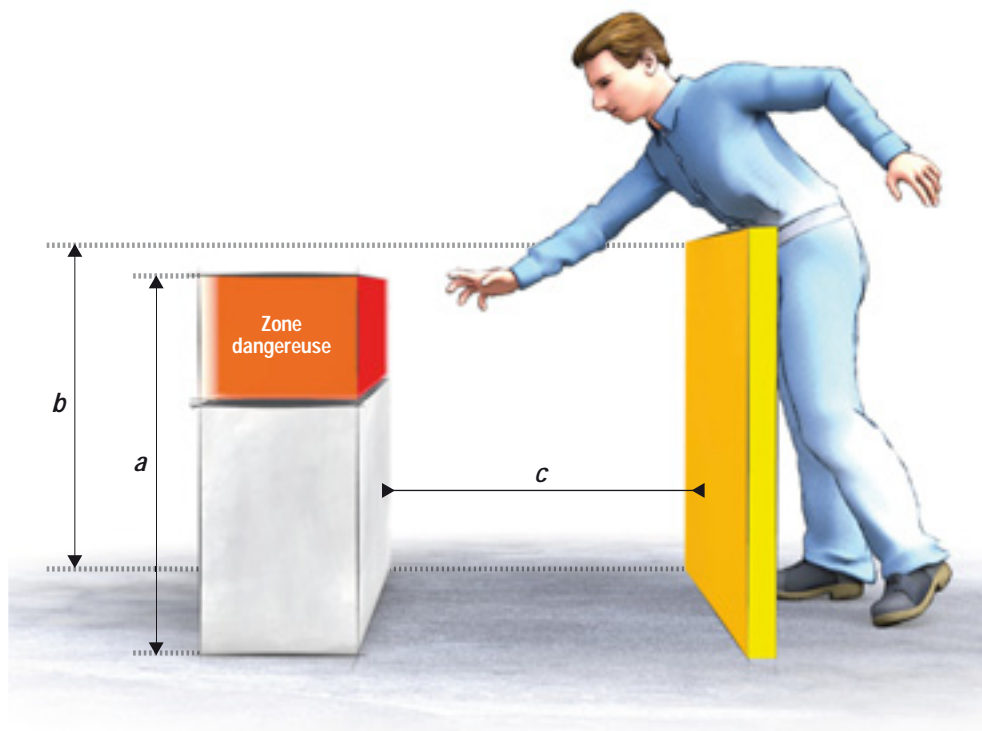
- être exempts d'arêtes et angles vifs ou autres saillies ;
- ne pas créer de zone d'écrasement ou d'emprisonnement ;
- ne pas engendrer de risque d'incendie ou d'explosion par accumulation de poussières ou de particules et charges électrostatiques (voir NF EN 60204-1) ;
- ne pas engendrer de risque en matière d'hygiène, par rétention d'éléments ou de produits, par exemple, de particules d'aliments ou de fluides stagnants (voir NF EN 1672-2+A1) ;
- etc.

Selon le type d'élément mobile, la fréquence d'accès, le nombre et la localisation des phénomènes dangereux, les protecteurs peuvent être fixes (voir chapitre 6.3), mobiles (voir chapitre 6.4) ou réglables (voir chapitre 6.5).

→ 6.2. Distance de sécurité

Les protecteurs destinés à empêcher l'accès aux zones dangereuses doivent être conçus, réalisés et disposés de manière à empêcher toutes les parties du corps de les atteindre.

6.2.1. Atteinte par le dessus (NF EN ISO 13857 paragraphe 4.2.2)



Les deux tableaux ci-contre indiquent la distance minimale à respecter pour éviter l'accès à un phénomène dangereux par le dessus d'un obstacle qui peut être une protection ou une partie de machine.

Cette distance (**c**) est fonction :

- de la hauteur où se situe le phénomène dangereux (**a**) ;
- de la hauteur de l'obstacle (**b**) ;
- du niveau de risque (grave ou faible).

→ Distance à utiliser lorsque le risque est faible (NF EN ISO 13857:2008 paragraphe 4.2.2)

Hauteur <i>a</i> (mm)	Hauteur de la structure de protection <i>b</i> (dimensions en mm)*								
	1 000**	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000	2 200	2 400	2 500
Distance horizontale par rapport à la zone dangereuse <i>c</i> (mm)									
2 400	100	100	100	100	100	100	100	100	
2 200	600	600	500	500	400	350	250		
2 000	1 100	900	700	600	500	350			
1 800	1 100	1 000	900	900	600				
1 600	1 300	1 000	900	900	500				
1 400	1 300	1 000	900	800	100				
1 200	1 400	1 000	900	500					
1 000	1 400	1 000	900	300					
800	1 300	900	600						
600	1 200	500							
400	1 200	300							
200	1 100	200							
0	1 100	200							

* Aucune interpolation ne doit être faite à partir des valeurs de ces tableaux. On retiendra, dans tous les cas, celle qui entraîne la sécurité la plus grande.

** Les structures de hauteur inférieure à 1 000 mm ne sont pas prises en compte car elles ne limitent pas suffisamment les mouvements.

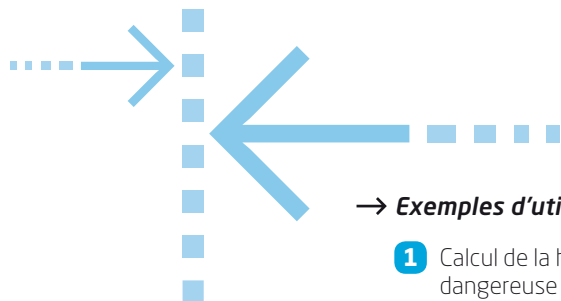
→ Distance à utiliser lorsque le risque est élevé (NF EN ISO 13857:2008 paragraphe 4.2.2)

Hauteur <i>a</i> (mm)	Hauteur de la structure de protection <i>b</i> (dimensions en mm)*								
	1 000**	1 200	1 400***	1 600	1 800	2 000	2 200	2 400	2 500
Distance horizontale par rapport à la zone dangereuse <i>c</i> (mm)									
2 600	900	800	700	600	600	500	400	300	100
2 400	1 100	1 000	900	800	700	600	400	300	100
2 200	1 300	1 200	1 000	900	800	600	400	300	
2 000	1 400	1 300	1 100	900	800	600	400		
1 800	1 500	1 400	1 100	900	800	600			
1 600	1 500	1 400	1 100	900	800	500			
1 400	1 500	1 400	1 100	900	800				
1 200	1 500	1 400	1 100	900	700				
1 000	1 500	1 400	1 000	800					
800	1 500	1 300	900	600					
600	1 400	1 300	800						
400	1 400	1 200	400						
200	1 200	900							
0	1 100	500							

* Aucune interpolation ne doit être faite à partir des valeurs de ces tableaux. On retiendra, dans tous les cas, celle qui entraîne la sécurité la plus grande.

** Les structures de hauteur inférieure à 1 000 mm ne sont pas prises en compte car elles ne limitent pas suffisamment les mouvements.

*** Les structures de hauteur inférieure à 1 400 mm ne conviennent pas si elles sont utilisées sans mesures de sécurité supplémentaires.



→ Exemples d'utilisation de ces tableaux

- 1** Calcul de la hauteur minimale d'un protecteur dans le cas d'un risque élevé sachant que la zone dangereuse se situe à 800 mm de hauteur et qu'elle est éloignée de 600 mm du protecteur.

$a = 800 \text{ mm}$
 $c = 600 \text{ mm}$ } b (hauteur du protecteur) = 1 600 mm minimum

Hauteur a (mm)	Hauteur de la structure de protection b (dimensions en mm)*								
	1000**	1200	1400***	1600	1800	2000	2200	2400	2500
Distance horizontale par rapport à la zone dangereuse c (mm)									
2600	900	800	700	600	600	500	400	300	100
2400	1100	1000	900	800	700	600	400	300	100
2200	1300	1200	1000	900	800	600	400	300	
2000	1400	1300	1100	900	800	600	400		
1800	1500	1400	1100	900	800	600			
1600	1500	1400	1100	900	800	500			
1400	1500	1400	1100	900	800				
1200	1500	1400	1100	900	700				
1000	1500	1400	1000	800					
800	1500	1300	900	600					
600	1400	1300	800	c					
400	1400	1200	400						
200	1200	900							
0	1100	500							

- 2** À quelles hauteurs est-il possible de disposer les éléments dangereux dans le cas d'un risque élevé, sachant que le protecteur en place se situe à 300 mm de la zone dangereuse et à une hauteur de 1 700 mm?

$b = 1700 \text{ mm}$
 (prendre $b = 1600 \text{ mm}$) } $a \leq 600 \text{ mm}$
 ou bien
 $c = 300 \text{ mm}$ } $a \geq 2700 \text{ mm}$

Hauteur a (mm)	Hauteur de la structure de protection b (dimensions en mm)*								
	1000**	1200	1400***	1600	1800	2000	2200	2400	2500
Distance horizontale par rapport à la zone dangereuse c (mm)									
2600	900	800	700	600	600	500	400	300	100
2400	1100	1000	900	800	700	600	400	300	100
2200	1300	1200	1000	900	800	600	400	300	
2000	1400	1300	1100	900	800	600	400		
1800	1500	1400	1100	900	800	600			
1600	1500	1400	1100	900	800	500			
1400	1500	1400	1100	900	800				
1200	1500	1400	1100	900	700				
1000	1500	1400	1000	800					
800	1500	1300	900	600					
600	1400	1300	800	c					
400	1400	1200	400						
200	1200	900							
0	1100	500							

La valeur de 300 mm pour c n'apparaît pas dans la colonne $b = 1600$. En conséquence, les deux solutions sont les valeurs extrêmes vers le haut (2 700 mm: voir chapitre 4.3.1) et le bas (600 mm).

- 3 Quel est l'éloignement minimal d'un protecteur de hauteur 1 700 mm dans le cas d'une zone dangereuse située à une hauteur de 1 100 mm et présentant un risque élevé?

$a = 1\,100\text{ mm}$
(prendre $a = 1\,200\text{ mm}$)

$b = 1\,700\text{ mm}$
(prendre $b = 1\,600\text{ mm}$)

c (éloignement du protecteur) = 900 mm minimum

Hauteur a (mm)	Hauteur de la structure de protection b (dimensions en mm)*								
	1 000**	1 200	1 400***	1 600	1 800	2 000	2 200	2 400	2 500
Distance horizontale par rapport à la zone dangereuse c (mm)									
2 600	900	800	700	600	600	500	400	300	100
2 400	1 100	1 000	900	800	700	600	400	300	100
2 200	1 300	1 200	1 000	900	800	600	400	300	
2 000	1 400	1 300	1 100	900	800	600	400		
1 800	1 500	1 400	1 100	900	800	600			
1 600	1 500	1 400	1 100	900	800	500			
1 400	1 500	1 400	1 100	900	800				
1 200	1 500	1 400	1 100	900	700				
1 000	1 500	1 400	1 000	800					
800	1 500	1 300	900	600					
600	1 400	1 300	800	c					
400	1 400	1 200	400						
200	1 200	900							
0	1 100	500							

6.2.2. Atteinte au travers d'ouvertures (NF EN ISO 13857:2008 paragraphes 4.2.4 et 4.3)

Les tableaux ci-après, en pages suivantes, indiquent la distance minimale (sr) à respecter pour éviter l'accès des membres supérieurs (doigt, main, bras) et inférieurs (orteil, pied, jambe) à un phénomène dangereux en passant au travers d'ouvertures d'une protection ou d'une partie de machine.

Inversement, si la distance entre l'obstacle et le phénomène dangereux est fixée, ce tableau peut également être utilisé pour dimensionner les ouvertures.

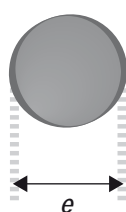
Cette distance (sr) est fonction de la forme de l'ouverture et de sa dimension (e). Celle-ci correspond au côté d'une ouverture carrée, au diamètre d'une ouverture circulaire et à la plus petite dimension d'une ouverture en forme de fente.

Dans le cas d'une ouverture irrégulière, la distance à retenir est la plus faible des trois distances déterminées à partir des dimensions déduites du diamètre de la plus petite ouverture circulaire, du côté de la plus petite ouverture carrée et de la largeur de la fente la plus étroite dans lesquelles l'ouverture irrégulière peut être inscrite complètement.

Forme CARRÉE
 $e =$ côté



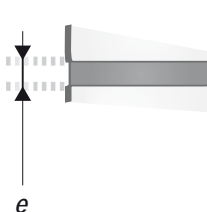
Forme RONDE
 $e =$ diamètre

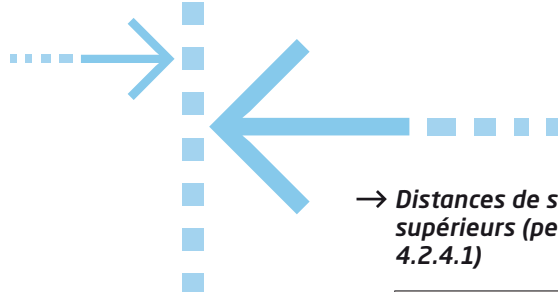


Forme IRRÉGULIÈRE
 $e =$ diamètre



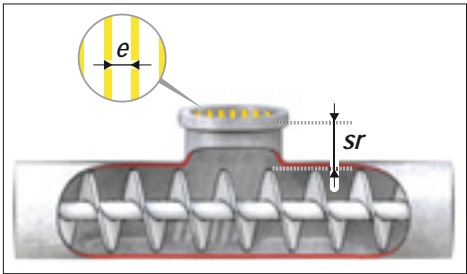
FENTE
 $e =$ plus petite largeur





→ Distances de sécurité à appliquer aux ouvertures régulières pour les membres supérieurs (personnes âgées de 14 ans et plus) (NF EN ISO 13857:2008 paragraphe 4.2.4.1)

Partie du corps	Illustration	Ouverture e (mm)	Distances de sécurité sr (mm)		
			Fente	Carré	Rond
Extrémité du doigt		$e \leq 4$	≥ 2	≥ 2	≥ 2
		$4 < e \leq 6$	≥ 10	≥ 5	≥ 5
		$6 < e \leq 8$		≥ 15	≥ 5
Doigt jusqu'à l'articulation à la base du doigt ou de la main		$6 < e \leq 8$	≥ 20		
		$8 < e \leq 10$	≥ 80	≥ 25	≥ 20
		$10 < e \leq 12$	≥ 100	≥ 80	≥ 80
		$12 < e \leq 20$	≥ 120	≥ 120	≥ 120
		$20 < e \leq 30$		≥ 120	≥ 120
		$30 < e \leq 40$		≥ 200	≥ 120
Bras jusqu'à l'articulation de l'épaule		$20 < e \leq 30$	$\geq 850^*$		
		$30 < e \leq 40$	≥ 850		
		$40 < e \leq 120$	≥ 850	≥ 850	≥ 850



Aucune interpolation ne doit être faite à partir des valeurs de ces tableaux. On retiendra, dans tous les cas, celle qui entraîne la sécurité la plus grande.

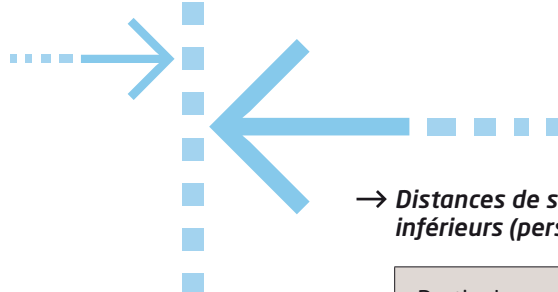
* Si la longueur de la fente est inférieure ou égale à 65 mm, le pouce constituant un blocage, la distance peut être réduite à 200 mm.

Exemples d'application pour le dimensionnement d'une grille

→ Exemples d'utilisation de ce tableau

- 1 Quelles sont les distances de sécurité (sr) à respecter si (e) est égal à 5 mm dans le cas d'un protecteur présentant des ouvertures en forme de fente, de carré ou de rond?
 - 1 $sr \geq 10$ mm pour la fente et ≥ 5 mm pour le carré ou le rond
- 2 Quelles sont les ouvertures (e) maximales pour protéger l'accès à une zone dangereuse éloignée de 150 mm?
 - 2 Dans le cas d'ouverture en forme de fente $e \leq 20$ mm
 - 3 Dans le cas d'ouverture en forme de carré $e \leq 30$ mm
 - 4 Dans le cas d'ouverture en forme de rond $e \leq 40$ mm

Partie du corps	Illustration	Ouverture e (mm)	Distances de sécurité sr (mm)		
			Fente	Carré	Rond
Extrémité du doigt		$e \leq 4$	≥ 2	≥ 2	≥ 2
		$4 < e \leq 6$	≥ 10	≥ 5	≥ 5
		$6 < e \leq 8$		≥ 15	≥ 5
Doigt jusqu'à l'articulation à la base du doigt ou de la main		$6 < e \leq 8$	≥ 20		
		$8 < e \leq 10$	≥ 80	≥ 25	≥ 20
		$10 < e \leq 12$	≥ 100	≥ 80	≥ 80
		$12 < e \leq 20$	≥ 120	≥ 120	≥ 120
		$20 < e \leq 30$		≥ 120	≥ 120
		$30 < e \leq 40$		≥ 200	≥ 120
Bras jusqu'à l'articulation de l'épaule		$20 < e \leq 30$	$\geq 850^*$		
		$30 < e \leq 40$	≥ 850		
		$40 < e \leq 120$	≥ 850	≥ 850	≥ 850



→ **Distances de sécurité à appliquer aux ouvertures régulières pour les membres inférieurs (personnes âgées de 14 ans et plus) (NF EN ISO 13857:2008 paragraphe 4.3)**

Partie du corps	Illustration	Ouverture e (mm)	Distances de sécurité sr (mm)	
			Fente	Carré ou rond
Extrémité de l'orteil		$e \leq 5$	0	0
Orteil		$5 < e \leq 15$	≥ 10	0
		$15 < e \leq 35$	$\geq 80^*$	≥ 25
Pied		$35 < e \leq 60$	≥ 180	≥ 80
		$60 < e \leq 80$		≥ 180
Jambe jusqu'au genou		$60 < e \leq 80$	≥ 650	
		$80 < e \leq 95$		≥ 650
Jambe jusqu'à l'entrejambe		$80 < e \leq 95$	≥ 1100	
		$95 < e \leq 180$	≥ 1100	≥ 1100
		$180 < e \leq 240$	Sécurité non assurée**	≥ 1100

Aucune interpolation ne doit être faite à partir des valeurs de ces tableaux. On retiendra, dans tous les cas, celle qui entraîne la sécurité la plus grande.

* Si la longueur de la fente est inférieure ou égale à 75 mm, la distance peut être réduite à 50 mm.

** L'ensemble du corps est susceptible de passer par l'ouverture: un autre moyen de prévention est indispensable (ouverture interdite).

Remarques

— Ces différents types de protection par éloignement des phénomènes dangereux peuvent ne pas être adaptés pour les opérateurs de maintenance. Ces derniers doivent en effet, de par leur fonction, pouvoir accéder à tous les éléments d'un équipement de travail.

— Par ailleurs, si des moyens d'accès spécifiques ne sont pas prévus, ces mesures de protection peuvent se révéler génératrices de risques supplémentaires (chute de hauteur, position de travail inadaptée, etc.). Dans ce cas, il est nécessaire de prévoir des moyens d'accès permanents, escalier, rampe, plate-forme, garde-corps, orifices d'accès, etc. Pour leur conception, nous invitons le lecteur à se référer aux normes correspondantes NF EN ISO 14122-1 à 4 et NF EN 547-1 à 3+A1.

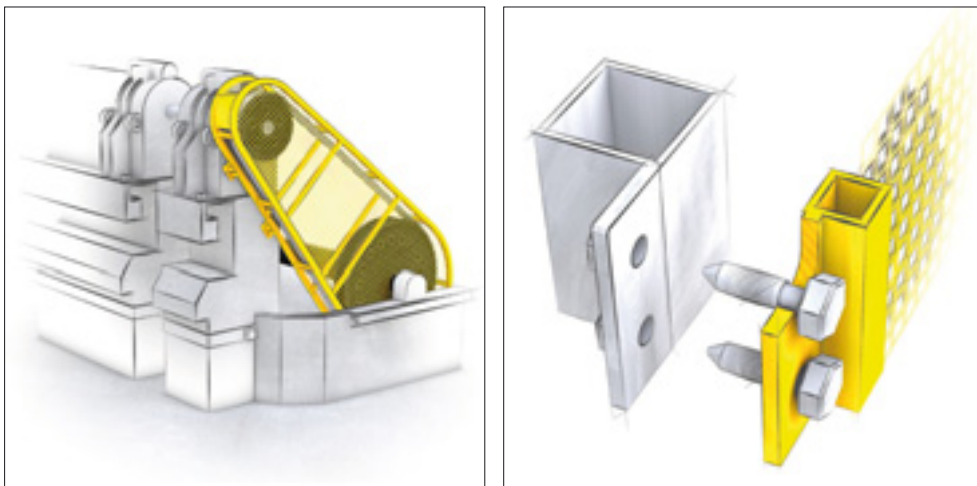
→ 6.3. Protecteur fixe

Il s'agit d'un protecteur fixé de telle manière (par exemple au moyen de vis ou d'écrous) qu'il ne puisse être ouvert ou démonté qu'à l'aide d'outils.

Les moyens de fixations doivent rester solidaires du protecteur ou de la machine, ce qui évite leur perte et que le protecteur ne soit pas remonté ou mal monté (fixation imperdable). Un protecteur fixé avec des rivets n'est admissible que s'il n'est pas susceptible d'être démonté par l'utilisateur.

Dans la mesure du possible, il ne doit pas pouvoir rester en place en l'absence de ses fixations.

Exemples de protecteurs fixes constitués de grillage et de cornières, empêchant l'accès au mécanisme de transmission et munis de fixations imperdables



Facteurs à prendre en compte : fixations, robustesse, rigidité, vibrations, bruit, vision, dimensions des ouvertures éventuelles, position par rapport aux éléments dangereux, etc.

Documents de référence : normes NF EN ISO 12100-1 et NF EN ISO 12100-2, NF EN ISO 13857, NF EN 953+A1

→ 6.4. Protecteur mobile

C'est un protecteur pouvant être ouvert sans l'aide d'outils et restant, si possible, solidaire de la machine lorsqu'il est ouvert. Il doit être associé à un dispositif de verrouillage ou d'interverrouillage délivrant un ordre d'arrêt des éléments dangereux dès lors qu'il n'interdit pas l'accès à la zone dangereuse (voir chapitre 7).

Facteurs à prendre en compte :

En complément de ceux applicables aux protecteurs fixes, il convient de prendre en compte :

- les efforts nécessaires à leur maniement ;
- la zone de débattement du protecteur ;
- le risque d'emprisonnement si le protecteur se referme ;
- les risques de coincement et d'écrasement lors de la manipulation ;
- les principes ergonomiques ;
- etc.

→ 6.5. Protecteur réglable sans outil

Il s'agit d'un protecteur fixe ou mobile qui est réglable dans son ensemble ou qui comporte des parties réglables. Selon le cas, le réglage demeure fixe ou s'effectue automatiquement en cours d'opération (voir figures ci-après).

Leur utilisation est nécessaire dès lors qu'il est impossible d'empêcher l'accès aux parties mobiles concourant au travail en raison des opérations qui nécessitent l'intervention de l'opérateur pendant leur fonctionnement (par exemple : affûtage sur un touret à meuler, sciage de bois sur une scie à format).

Facteurs à prendre en compte :

- Conception du protecteur (fixation, résistance, vision, matériau, etc.)
- Protecteur ne devant pas pouvoir être facilement déposé (butées, etc.)
- Dimensions des ouvertures éventuelles du protecteur
- Principes ergonomiques
- Facilité de réglage pour éviter les contacts en zone dangereuse

Documents de référence : normes NF EN ISO 12100-1 et NF EN ISO 12100-2, NF EN 953+A1

→ **Exemples :**

Protecteur réglable pour scie à ruban de menuiserie



Protecteur réglable pour machine-outil (perceuse)



Protecteur réglable de scie à onglet à réglage automatique lors de la descente de lame



Protecteur réglable de scie circulaire portable à réglage automatique lors de l'avance de la lame



→ 6.6. Protecteur commandant la mise en marche

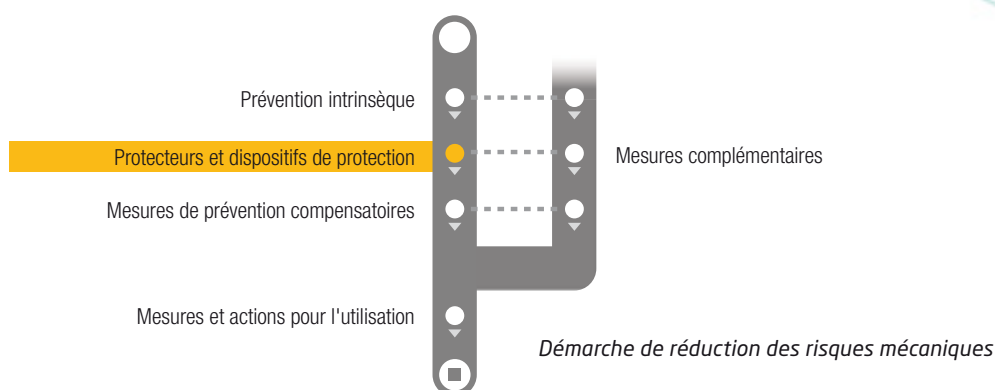
Voir NF EN ISO 12100 et chapitre 7.3.1.f de la présente brochure.

Il s'agit d'un protecteur associé à un dispositif de verrouillage, qui déclenche la ou les fonctions dangereuses de la machine lorsqu'il atteint la position fermée, sans qu'il soit nécessaire d'actionner une commande séparée de mise en marche.

Remarque

L'utilisation de protecteurs commandant la mise en marche est subordonnée à certaines conditions (voir paragraphe 5.4.9 de la norme NF EN 953+A1).

7. DISPOSITIFS DE PROTECTION



→ 7.1. Généralités

Selon la norme NF EN ISO 12100, les dispositifs de protection regroupent tous les moyens de protection autres que les protecteurs.

Dès lors que ces dispositifs sont mis isolément sur le marché, ce sont des composants de sécurité au sens de la directive « Machines ». Aux fins de la directive, on entend par « composant de sécurité », un composant :

- qui sert à assurer une fonction de sécurité ;
- qui est mis isolément sur le marché ;
- dont la défaillance et/ou le mauvais fonctionnement met en danger la sécurité des personnes, et qui n'est pas indispensable au fonctionnement de la machine ou qui peut être remplacé par d'autres composants permettant à la machine de fonctionner.

Ils doivent donc satisfaire aux exigences essentielles de sécurité qui leur sont applicables, exprimées dans l'annexe I de cette directive « Machines ». Le respect de ces exigences est attesté par l'apposition du marquage « CE » sur le composant et par la déclaration « CE » de conformité établie par le fabricant². Pour en savoir plus, consultez le document INRS PR 18 [7.1].

La déclaration « CE » de conformité

C'est un document rédigé dans l'une des langues de l'Union européenne et accompagné d'une traduction dans l'une des langues du pays d'utilisation.

Le fabricant déclare par ce document que le dispositif mis sur le marché respecte toutes les exigences essentielles de sécurité et de santé qui le concernent. Pour un composant de sécurité, ce document doit impérativement faire référence à la directive « Machines ».

². Il s'agit à chaque mention de « fabricant », du fabricant lui-même ou de son mandataire établi dans l'Union européenne.



La notice d'instructions

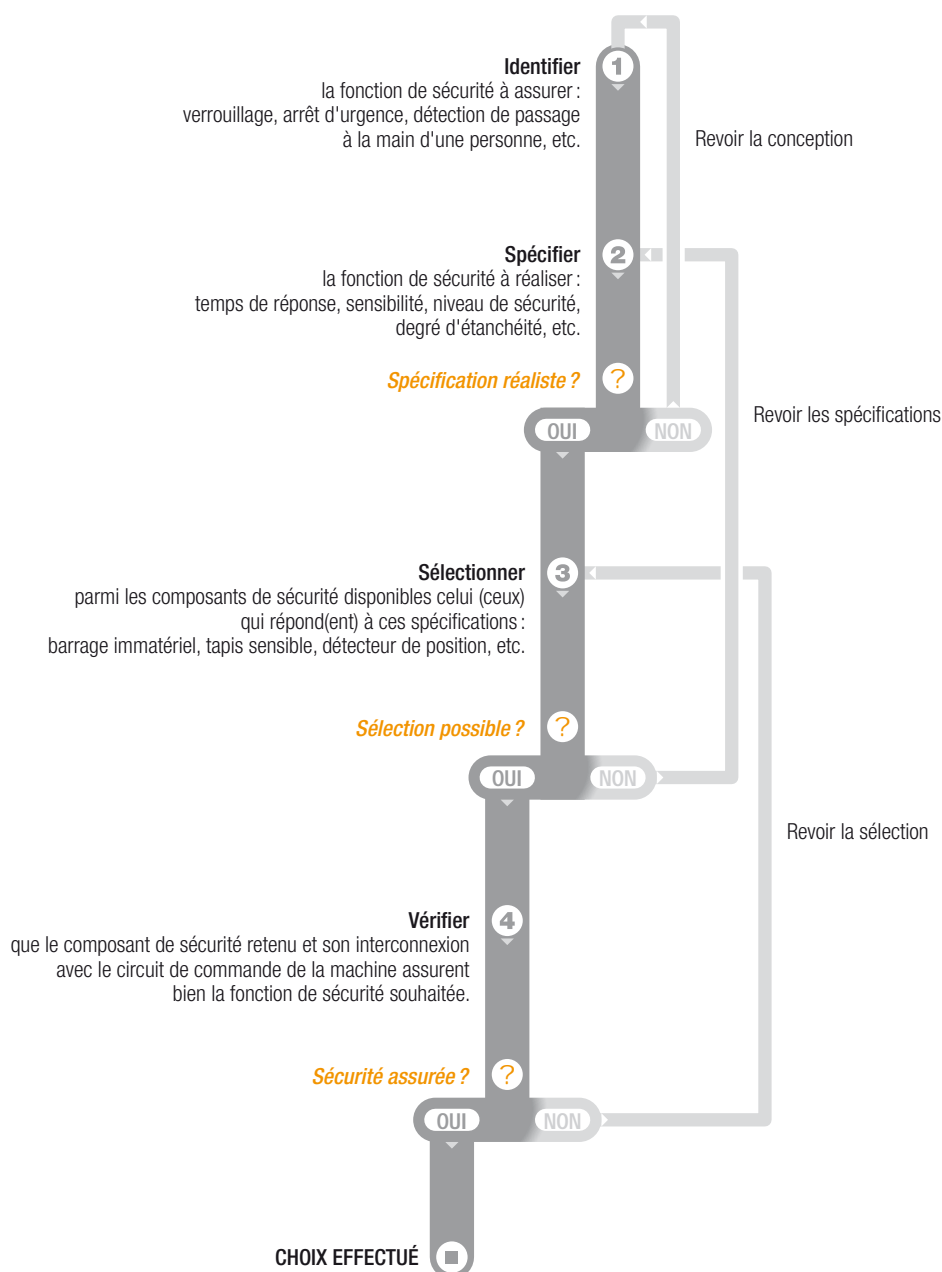
Chaque dispositif doit également être accompagné d'une notice d'instructions établie par le fabricant. Elle doit être rédigée dans la langue originale mais aussi dans la ou les langues du pays d'utilisation. Ce document est extrêmement utile pour l'utilisateur car il précise les caractéristiques fonctionnelles et les limites d'emploi du dispositif.

La notice doit également mentionner de façon claire et précise les instructions de mise en service, d'utilisation, d'installation et de réglage. Il est particulièrement important que la méthode d'interconnexion du dispositif avec le système de commande de la machine soit détaillée (alimentation, fonctions tests, câblage des sorties, etc.) afin de garantir le niveau de sécurité attendu.

Enfin elle doit, si nécessaire, attirer l'attention sur les contre-indications d'emploi du composant de sécurité. L'ensemble de ces instructions doivent être respectées par l'installateur.

Choix

Tout choix d'un dispositif de protection, verrouillage, interverrouillage, barrage immatériel, tapis sensibles, etc., doit être le résultat d'une démarche itérative (voir figure ci-dessous).



Documents INRS de référence: PR 18 [7.1] et ED 54 [7.2]

→ 7.2. Dispositifs de verrouillage et d'interverrouillage

Ce chapitre présente de façon synthétique les principales caractéristiques fonctionnelles des dispositifs de verrouillage et d'interverrouillage. Pour plus d'informations, nous invitons le lecteur à se reporter à la norme NF EN 1088+A2 qui traite de ces aspects.

Les dispositifs de verrouillage et d'interverrouillage peuvent être mécaniques, électriques, pneumatiques ou d'une autre technologie. Ils sont généralement associés à des protecteurs mobiles afin d'empêcher certaines fonctions dangereuses de la machine de s'accomplir tant que ceux-ci ne sont pas fermés (NF EN ISO 12100).

Remarque

Certains protecteurs fixes susceptibles d'être démontés et remontés fréquemment, notamment lors d'opérations telles que le changement d'outillage ou de fabrication, doivent être équipés d'un dispositif de verrouillage (par exemple, écrans latéraux de presse).

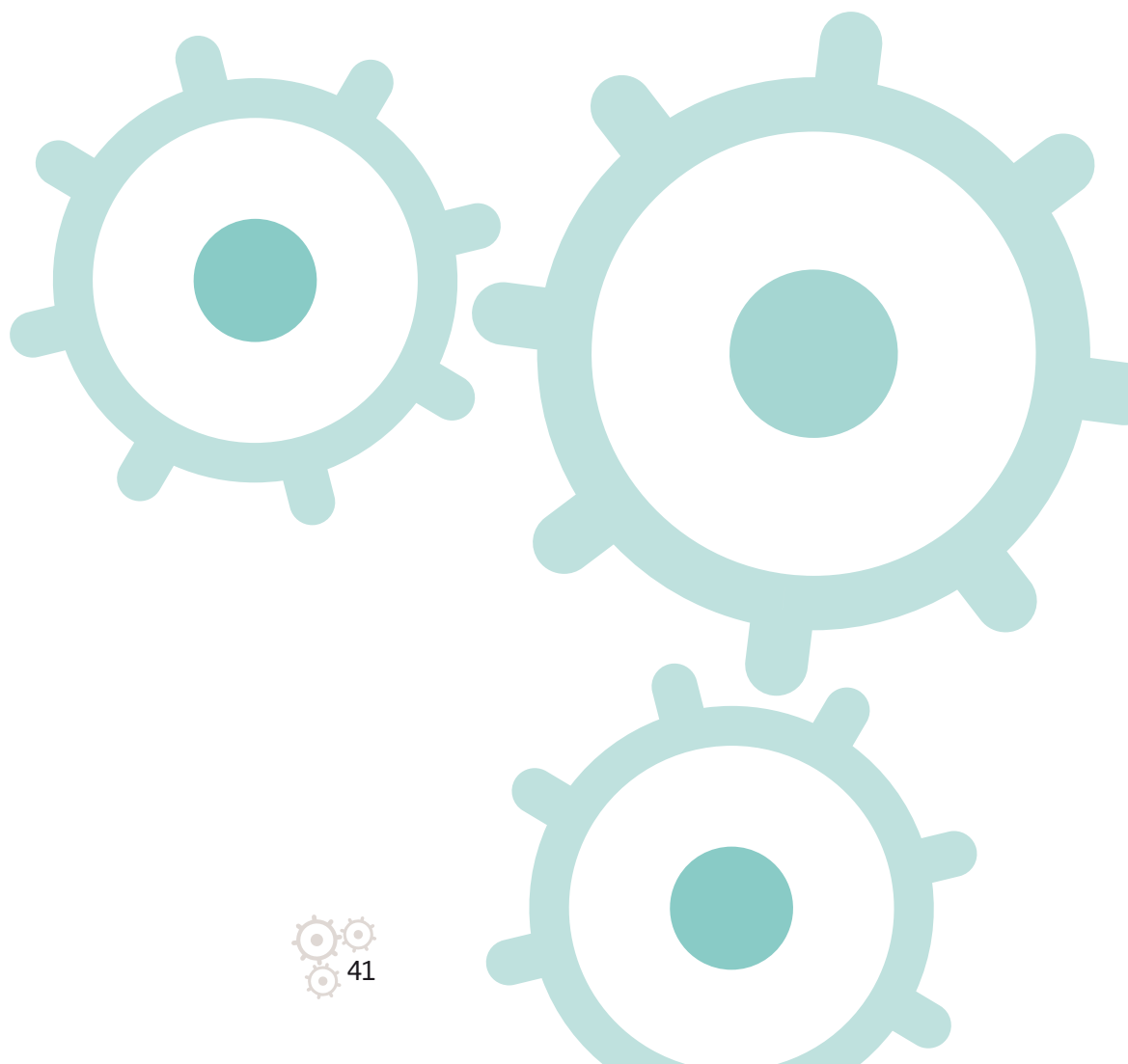
Pour la réalisation de ces dispositifs de verrouillage, il est généralement fait appel aux composants de sécurité suivants :

- un ou plusieurs détecteurs de position ;
- un contrôleur de discordance (dans le cas où plusieurs détecteurs de positions sont utilisés).

En plus de ces éléments, les dispositifs d'interverrouillage nécessitent :

- un dispositif de blocage du protecteur ;
- un dispositif de temporisation ou de détection d'arrêt.

Après un rappel sur les aspects fonctionnels des dispositifs de verrouillage et d'interverrouillage (voir chapitres 7.2.1 et 7.2.2), les chapitres suivants (voir chapitres 7.2.3 et 7.2.4) donnent les principales informations pratiques nécessaires au choix et au montage de ces composants.

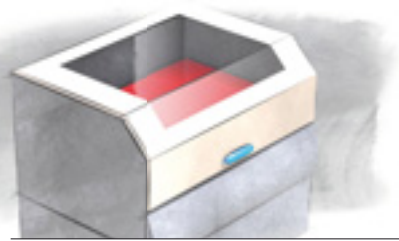


7.2.1. Dispositifs de verrouillage

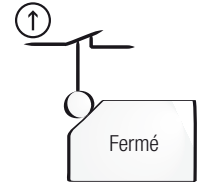
Lorsqu'un protecteur est muni d'un dispositif de verrouillage, un ordre d'arrêt des fonctions dangereuses « couvertes » par ce protecteur est donné dès que celui-ci n'est plus en position fermée. Avec un dispositif de verrouillage, le protecteur a deux états fonctionnels : ouvert et fermé.

→ Exemple de dispositif de verrouillage

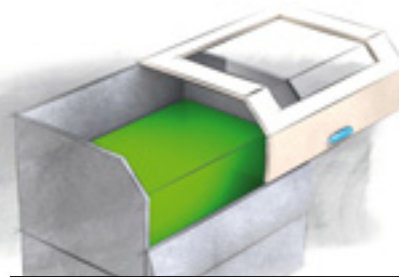
Fonctionnement de la machine possible



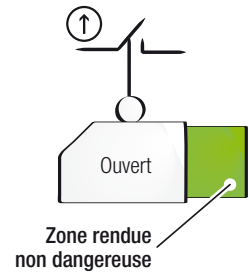
Protecteur fermé



Fonctionnement de la machine impossible



Protecteur ouvert



⤵ Symbole normalisé désignant un interrupteur à manœuvre positive d'ouverture : NF EN 60947-5-1

Par ailleurs :

- la fermeture du protecteur ne doit pas à elle seule provoquer la mise en marche d'éléments dangereux, sauf à certaines conditions (voir chapitre 5.4.9 de la norme NF EN 953+A1). Le dispositif de verrouillage sera conçu suivant l'appréciation du risque ;
- le temps d'arrêt des éléments mobiles doit être inférieur au temps d'accès à la zone dangereuse (voir norme NF EN ISO 13855).

7.2.2. Dispositifs d'interverrouillage

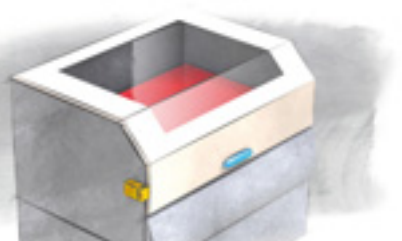
Lorsqu'un protecteur est muni d'un dispositif d'interverrouillage :

- les fonctions dangereuses de la machine « couvertes » par ce protecteur ne peuvent pas s'accomplir tant que le protecteur n'est pas fermé et bloqué ;
- le protecteur reste bloqué en position fermée tant que le risque est présent (temps d'arrêt des éléments mobiles, de refroidissement d'éléments chauffants, extraction d'atmosphère délétère, etc.) ;
- la fermeture et le blocage du protecteur ne doivent pas à eux seuls provoquer de phénomènes dangereux (redémarrage de mécanismes par exemple).

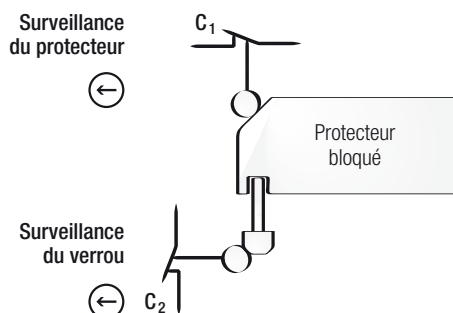
Avec un dispositif d'interverrouillage, le protecteur a donc trois états fonctionnels : fermé et bloqué, fermé et débloqué, ouvert (voir figure ci-contre).

→ Exemple de dispositif d'interverrouillage avec déblocage conditionnel

Fonctionnement possible

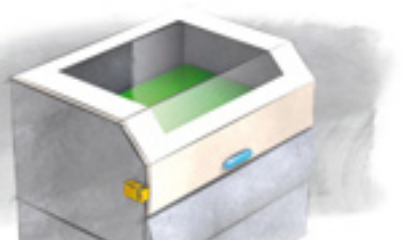


Protecteur fermé et bloqué,
déblocage impossible

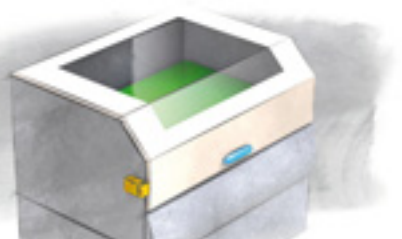


Fonctionnement impossible

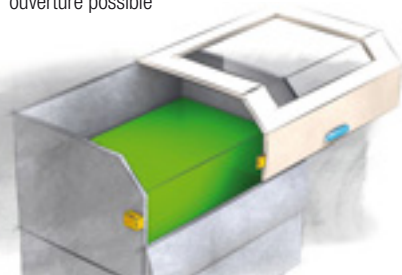
Risque supprimé



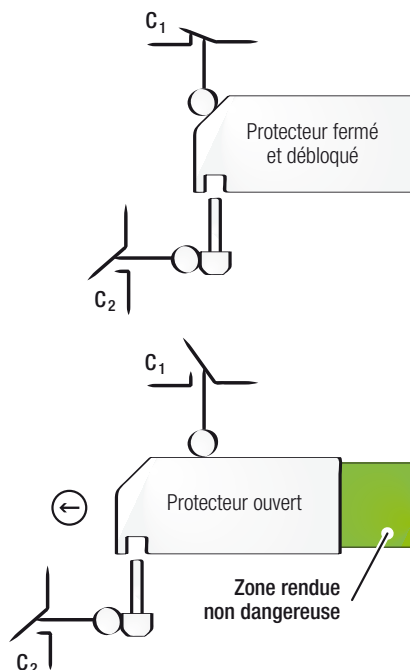
Protecteur fermé et débloqué,
déblocage possible



Protecteur fermé et débloqué,
ouverture possible



Protecteur ouvert



Le dispositif de déblocage du protecteur peut fonctionner de façon :

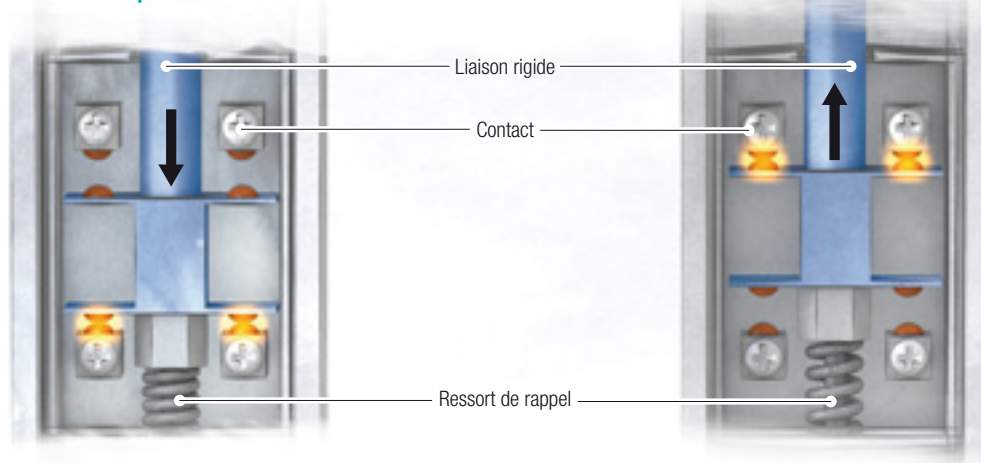
- inconditionnelle : cela suppose qu'un ordre d'arrêt ait été donné au début de la manœuvre du système d'ouverture du protecteur et que le temps nécessaire pour débloquer celui-ci soit supérieur au temps d'élimination des phénomènes dangereux (voir dans le chapitre 7.2.4 l'illustration du verrou avec dispositif temporisateur) ;
- conditionnelle, le déblocage du protecteur est réalisé après la détection de la disparition des phénomènes dangereux (détecteur d'arrêt, etc.).

7.2.3. Interrupteurs de position

Les dispositifs de verrouillage sont généralement composés d'un ou plusieurs interrupteurs de position et, pour les dispositifs d'interverrouillage, d'un dispositif de blocage.

a. Définitions

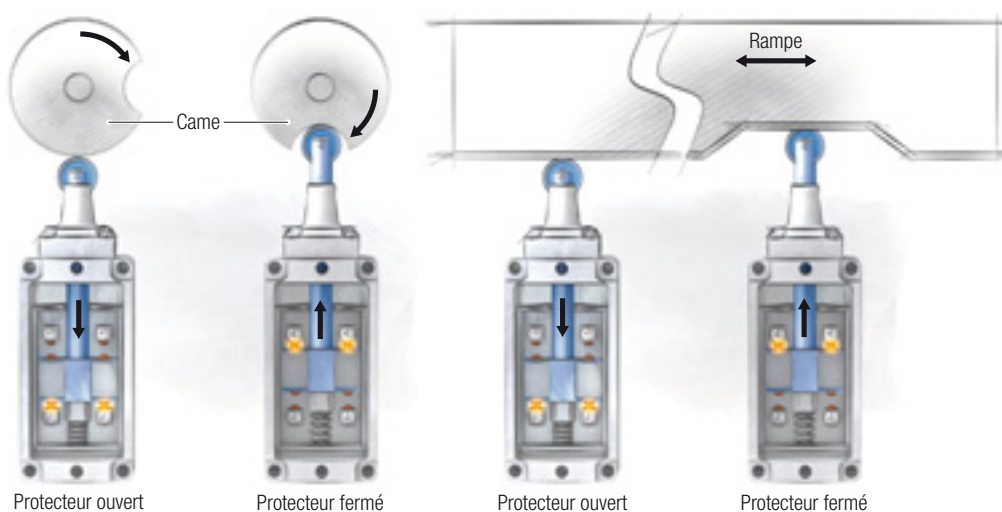
Manœuvre positive d'ouverture



On dit qu'un interrupteur de position est à manœuvre positive d'ouverture lorsque la séparation des contacts résulte directement d'un déplacement défini de l'organe de commande de l'interrupteur transmis par des pièces non élastiques.

Il porte le symbole \ominus selon la norme NF EN 60947-5-1.

Commande positive



On dit qu'un interrupteur de position est à commande positive lorsque l'ouverture du protecteur entraîne inévitablement l'organe de commande du détecteur de position, par contact direct ou par l'intermédiaire d'éléments rigides.

Remarque

Il ne faut pas confondre les notions de commande positive et de manœuvre positive d'ouverture. La première concerne la liaison avec le protecteur, la seconde l'ouverture des contacts électriques.

Le respect de ces deux principes (*manœuvre positive d'ouverture* et *commande positive*) permet de fournir au circuit de commande une information fiable sur la position d'un protecteur. Il garantit l'ouverture du circuit de commande (arrêt de la machine) en cas de défaillances internes au détecteur (contact collé ou cassé, rupture du ressort de rappel, etc.).

En ce sens, ces principes de manœuvre positive d'ouverture et d'actionnement suivant le mode positif sont considérés comme des principes de sécurité éprouvés.

Seules les défaillances externes (rupture du galet de contact, démontage du protecteur ou de l'interrupteur), donc détectables visuellement, peuvent entraîner la perte de la fonction de sécurité. La came ou la rampe actionnant l'interrupteur doit être immobilisée durablement pour éviter tout déplacement accidentel. Elle doit donc être soudée, rivée ou goupillée par exemple.

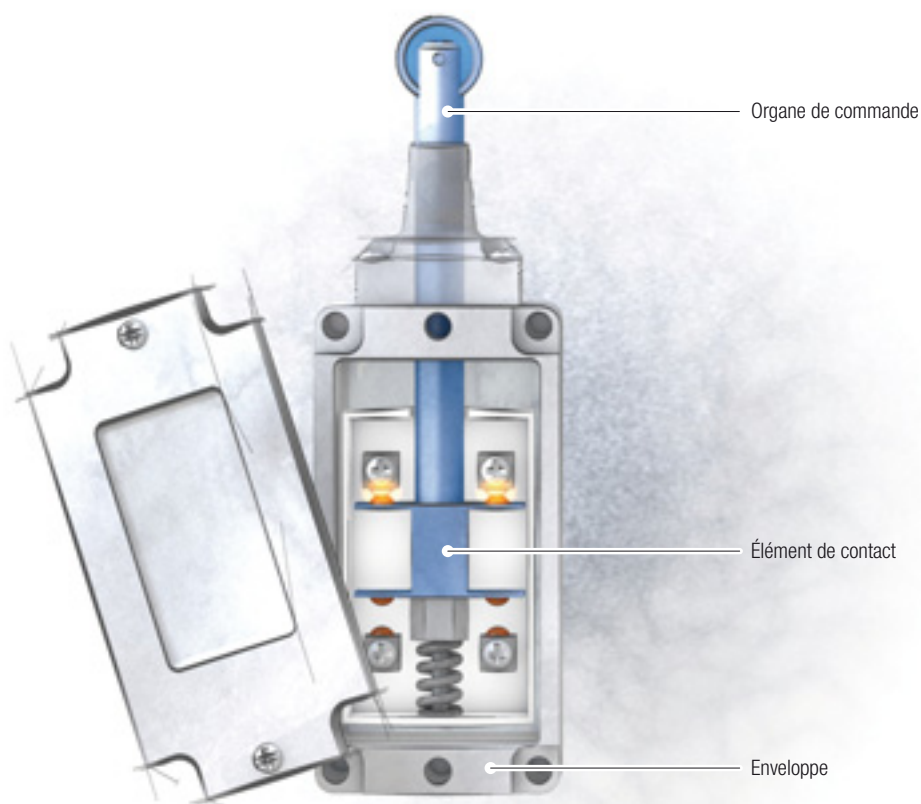
b. Consignes générales d'installation

Pour l'implantation du détecteur et des organes de commande (cible, clé, came, etc.), il convient de respecter les points suivants :


- les dimensionner pour garantir une robustesse suffisante ;
- les exposer le moins possible aux chocs, projections de poussières, de liquide, etc. Si nécessaire, il peut être utile de les capoter ;
- les fixer de préférence sur le bâti ;
- les immobiliser, après les avoir réglés, de façon sûre et indémontable manuellement (rivetage, soudage, etc.) ;
- ne pas les utiliser comme butée ou guidage mécanique du protecteur.

En tout état de cause, l'utilisateur doit s'assurer que les caractéristiques fonctionnelles et le niveau de sécurité du ou des détecteurs retenus sont compatibles avec l'application envisagée. Il doit également suivre les consignes fournies par le fabricant dans la notice d'instructions de ces détecteurs.

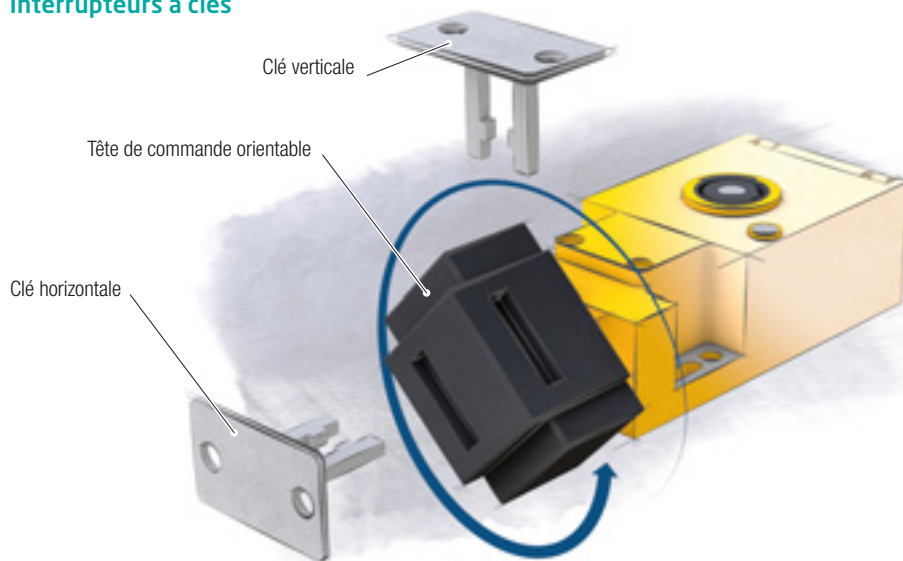
c. Interrupteurs de position à commande mécanique



Un interrupteur de position à commande mécanique se compose essentiellement de trois éléments :

- **l'organe de commande.** Celui-ci doit être aussi simple que possible et actionné suivant un mode positif (commande positive) ;
- **l'enveloppe.** Elle doit permettre une fixation indérégable de l'interrupteur. Elle doit être de type double isolement (symbole ) ou avec borne de mise à la terre, avoir un degré de protection minimale IP 54 (NF EN 60204-1) et un indice IK adapté (NF EN 62262) ;
- **l'élément de contact.** Il est préconisé de retenir les dispositifs à manœuvre positive d'ouverture.

Interrupteurs à clés



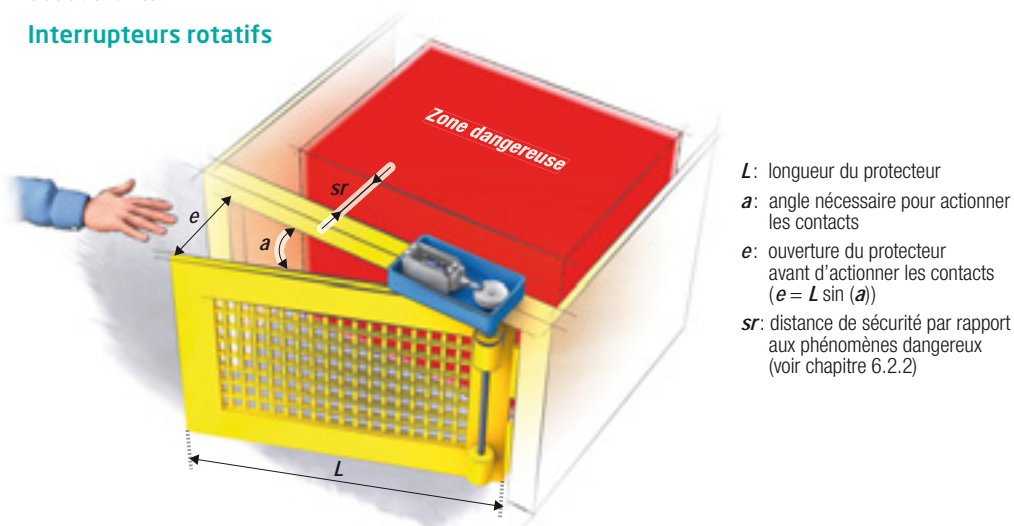
Certains interrupteurs de position mécanique sont munis d'un organe de commande qui ne peut être normalement actionné que par une clé spéciale (forme ou codage électronique) rendue solidaire du protecteur.

Cette caractéristique confère à l'interrupteur une certaine immunité contre les manœuvres de contournement de la sécurité. Certains constructeurs proposent une forme de clé ou un codage par interrupteur.

La tête de commande peut être orientable, offrant ainsi plusieurs possibilités de montage de l'interrupteur par rapport au protecteur mobile sur lequel la clé est montée. Le plus souvent, la pénétration de la clé est rectiligne ou légèrement curviligne en fonction des tolérances d'alignement prévues. Il existe également des têtes de commande spécialement conçues pour être adaptées à des protecteurs pivotants. Ce type d'interrupteur peut également intégrer d'autres fonctionnalités, telles que la possibilité de consignation locale, le montage sur des machines vibrantes, etc.

Du fait de l'existence d'un orifice pour l'introduction de la clé, ce type de détecteur peut présenter des risques de colmatage en présence de poussières ou de particules de bois. Ce défaut n'a pas d'action directe sur la sécurité mais sur la disponibilité des équipements et peut à terme conduire à l'enlèvement de ces interrupteurs. On choisira dans ce cas des interrupteurs avec des orifices débouchants.

Interrupteurs rotatifs

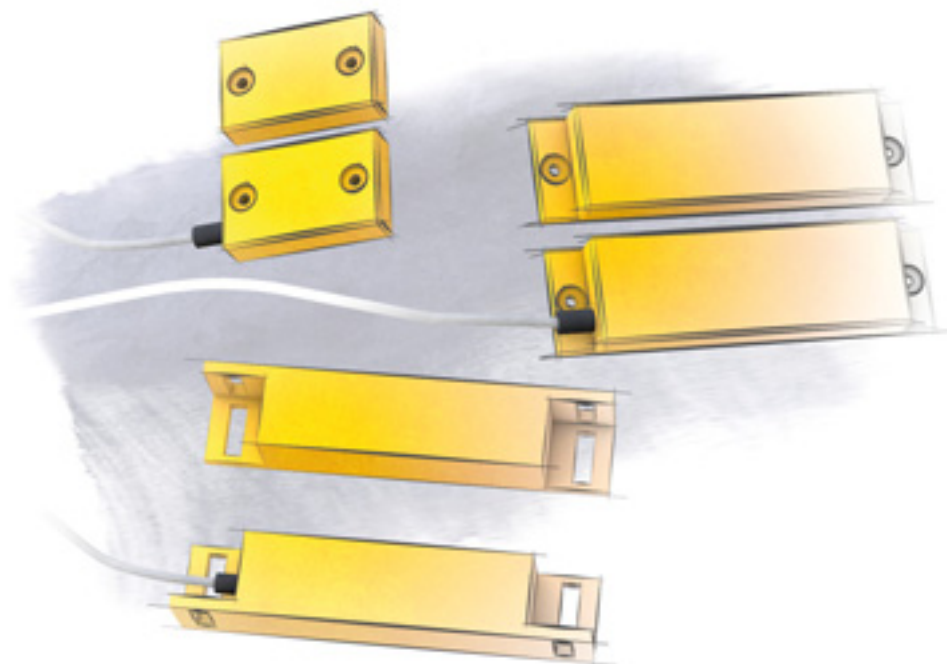


Ces interrupteurs sont spécifiquement conçus pour les protecteurs pivotant. Ils se fixent directement sur l'axe d'articulation.

Il offre ainsi une forte immunité contre les manœuvres de contournement de la sécurité.

Avec ce type de détecteur, il est important de s'assurer que l'angle d'ouverture permis avant d'actionner les contacts (généralement entre 3° et 15°) ne permet pas un accès à la zone dangereuse.

d. Interrupteurs de position à commande non mécanique (magnétiques, inductifs)



Avec ce type d'interrupteurs, faciles à installer et à entretenir, il n'y a plus de liaison mécanique entre les éléments de contacts et l'organe de commande (aimant, cible métallique). Ils ne sont donc pas à manœuvre positive d'ouverture. Néanmoins, il est possible d'assurer une fonction de verrouillage à l'aide de ce type de détecteur en satisfaisant aux exigences suivantes :

- appliquer le principe de redondance par l'emploi d'un contact normalement ouvert et d'un contact normalement fermé ;
- réaliser avec ces deux contacts un contrôle de discordance, ce qui permet également :
 - d'améliorer le degré d'« inviolabilité »,
 - de maîtriser les caractéristiques électriques de fonctionnement du détecteur magnétique ;
- utiliser un organe de commande (aimant, cible) codé, spécifique au détecteur, afin de limiter les possibilités de neutralisation ;
- prendre toutes les mesures possibles, lors de la conception du montage mécanique du détecteur, pour empêcher l'utilisation d'un organe de commande de substitution.

Ces interrupteurs sont par conception généralement étanches (IP65-IP67), le cas échéant anti-déflagrants. Leur utilisation peut donc dans certains cas présenter des avantages en matière de sécurité, par exemple lorsque les conditions d'utilisation peuvent entraîner la détérioration d'interrupteurs mécaniques (corrosion, empoussièrement, etc. – c'est notamment le cas dans l'industrie agroalimentaire).

7.2.4. Dispositifs de blocage des protecteurs

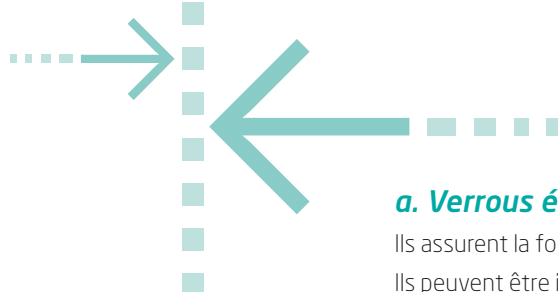
Pour les machines où le temps d'arrêt des éléments mobiles est supérieur au temps d'accès à la zone dangereuse, il est nécessaire de différer l'ouverture du protecteur jusqu'à disparition du risque (fonction d'interverrouillage).

Dans ce cas, il est généralement fait appel à l'utilisation de dispositif permettant le blocage du protecteur en position fermée. Le déblocage est obtenu par un dispositif chronométrique (temporisation) ou par un dispositif de détection d'arrêt des phénomènes dangereux.

Ces dispositifs de blocage peuvent être des verrous électromagnétiques, des systèmes mécaniques et/ou des systèmes à transfert de clés.

Remarque

Ces dispositifs peuvent aussi être utilisés pour obtenir un arrêt contrôlé avant l'ouverture du protecteur afin de ne pas détériorer la pièce usinée.



a. Verrous électromagnétiques

Ils assurent la fonction d'interverrouillage.

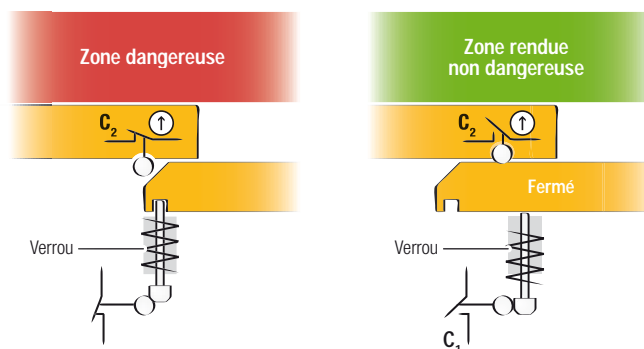
Ils peuvent être indépendants ou intégrés au boîtier de l'interrupteur de position.

La fonction d'interverrouillage par verrou électromagnétique doit :

- comporter un contrôle de position du pêne (C_1) de façon à ce que le non-blocage du protecteur en position fermée interdise le fonctionnement des éléments mobiles dangereux ;
- assurer le blocage du protecteur en position fermée par la mise hors tension du verrou (pêne en position sortie) ;
- assurer le déblocage du protecteur par mise sous tension du verrou (pêne en position rentrée) ;
- avoir un dispositif de déblocage de secours du verrou en cas de coupure prolongée de son alimentation.



Exemple de verrou indépendant



Pour assurer le montage correct d'un verrou, il faut :

- le fixer sur le bâti de la machine et non sur une partie mobile ;
- le loger de préférence à l'intérieur du bâti pour le protéger des chocs éventuels, sinon le capoter ;
- l'implanter dans une zone exempte de pollutions (poussières, copeaux, liquide de coupe, etc.).

La position fermée du protecteur doit être réalisée avec suffisamment de précision pour éviter un non-blocage du pêne et un défaut de mise en marche par non-fermeture du contact associé.

Dans le cas des portes pivotantes, il est parfois nécessaire de compléter l'information de fermeture donnée par le contact du pêne par celle d'un interrupteur de position supplémentaire de la porte.

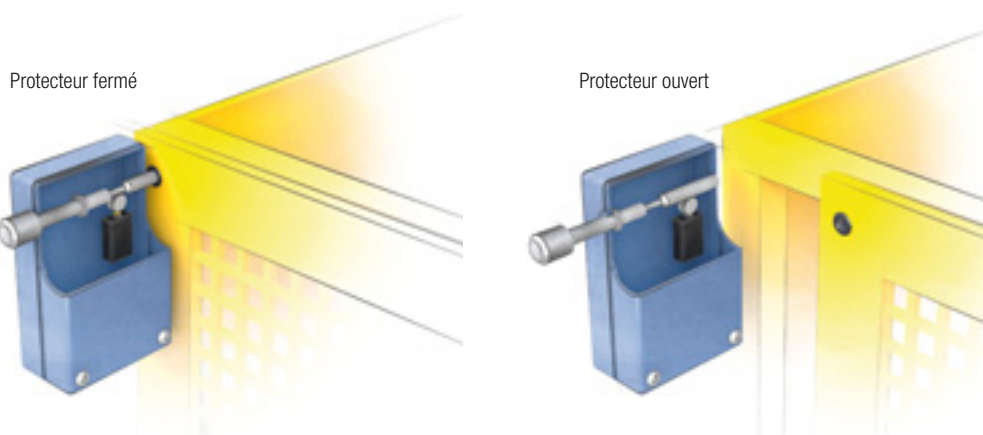
b. Verrou avec dispositif temporisateur

Dans ce cas, la manœuvre du verrou se fait manuellement à l'aide d'une molette et d'une vis à pas fin afin de retarder l'ouverture du verrou (de l'ordre de 20 secondes par exemple) dont la position est contrôlée par un détecteur de position à manœuvre positive d'ouverture.

Ce type de détecteur est réservé pour des fréquences de manœuvre faibles.

Remarque

Des mesures de sécurité complémentaires doivent être prises afin que la molette ne puisse être manipulée que du bout des doigts.

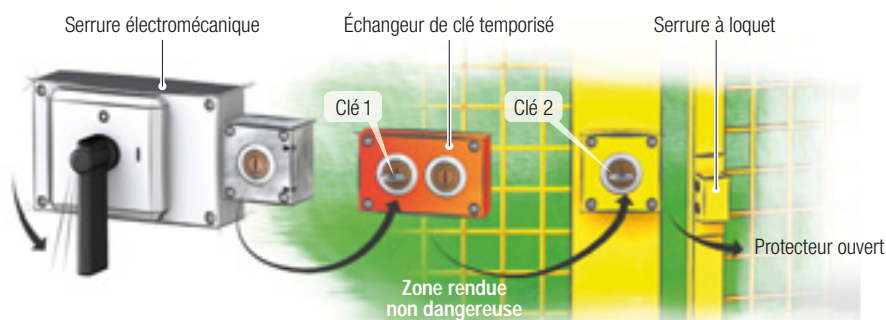


c. Systèmes à transfert de clé

L'accès aux éléments dangereux n'est possible qu'après sectionnement et verrouillage des circuits de puissance et contrôle de l'arrêt des phénomènes dangereux (détection d'arrêt ou temporisateur). Les serrures utilisées fonctionnent avec le système de clé captive (voir figure ci-après illustrant le principe d'interverrouillage à transfert de clés).

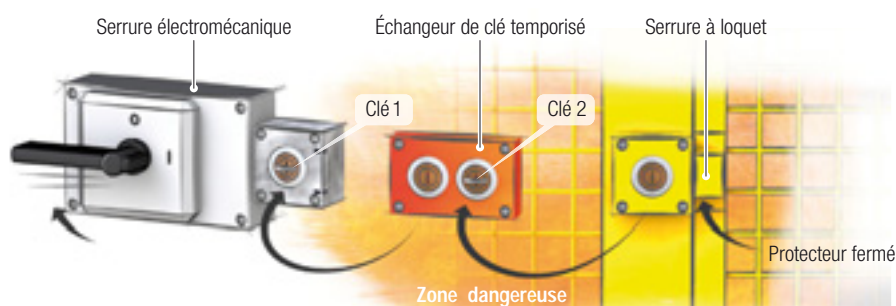
Ouverture du protecteur

- L'actionnement de la serrure électromagnétique, après ouverture du sectionneur, libère la clé 1.
- La clé 1 actionnée dans l'échangeur de clé déclenche une temporisation (ou une détection d'arrêt) permettant la disparition du phénomène dangereux. La clé 2 est alors libérée, la clé 1 restant captive de l'échangeur de clé.
- La clé 2 actionnée dans la serrure à loquet permet l'ouverture du protecteur. La clé 2 reste captive tant que le protecteur est ouvert.



Fermeture du protecteur

- À la fermeture du protecteur, le pêne se verrouille mécaniquement dans la serrure, libérant la clé 2.
- La clé 2 actionnée dans l'échangeur de clé libère la clé 1.
- La clé 1 actionnée dans la serrure électromagnétique verrouille la clé 2 dans l'échangeur de clé et permet de déverrouiller le sectionneur. La fermeture du sectionneur verrouille la clé 1 à son tour.



7.2.5. Dispositifs de détection d'arrêt

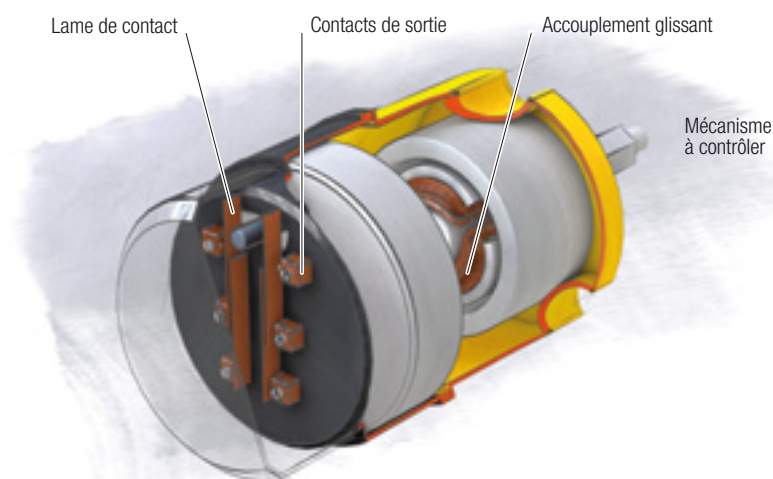
Le principe de fonctionnement de ces appareils repose sur la comparaison entre une consigne pré-réglée et un signal représentatif de la vitesse de rotation du mécanisme à contrôler. Ce signal peut être d'origine mécanique, analogique ou numérique.

Il est important de signaler :

- que ces dispositifs ne détectent pas l'arrêt mais une vitesse faible proche de l'arrêt. Il appartient donc à l'utilisateur de s'assurer que le seuil de détection correspond bien à une vitesse à partir de laquelle le phénomène dangereux peut être considéré comme supprimé ;
- que la fonction de sécurité assurée par ces appareils est de détecter une absence de signal (absence de tension, d'impulsions, de couple). Une défaillance peut donc engendrer une fausse détection d'arrêt et conduire à une situation dangereuse. En conséquence, ces détecteurs d'arrêt doivent nécessairement posséder une architecture redondante et/ou des fonctions de contrôle ;
- qu'il n'est pas possible de privilégier *a priori* tel ou tel principe de fonctionnement (mécanique, analogique ou numérique). Ce choix ne peut être réalisé qu'après une étude, au cas par cas, portant sur la chaîne cinématique et l'environnement du mécanisme à contrôler.



a. Détecteur mécanique



Le détecteur intègre des accouplements glissants (magnétiques et/ou fluidiques) qui génèrent au niveau de la lame de contact un couple proportionnel à la vitesse de rotation. La détection d'arrêt est obtenue lorsque ce couple est inférieur au couple de rappel de cette lame.

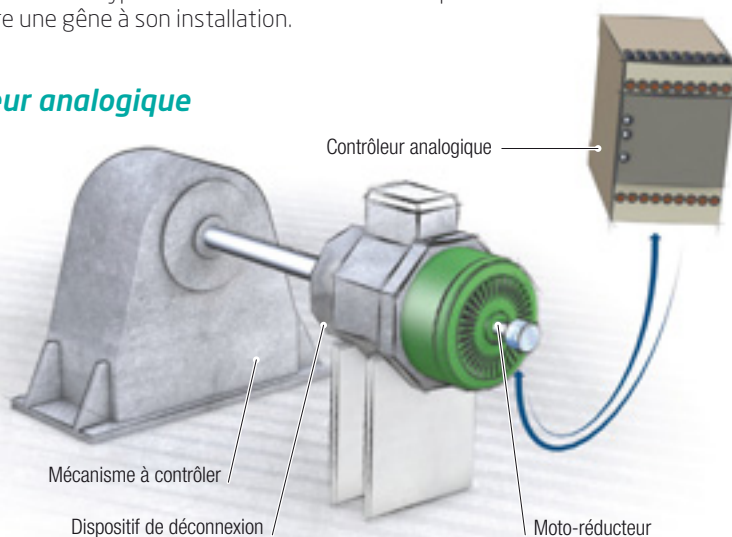
Avantages:

- Seuil de détection généralement déterminé lors de la conception du détecteur.
- Détecteur permettant le contrôle des éléments en rotation sources de risques.

Inconvénients:

- Encombrement de ce type de détecteur et de son accouplement pouvant être une gêne à son installation.

b. Détecteur analogique



La détection d'arrêt (ou de vitesse faible) est obtenue par comparaison d'une consigne préaffichée avec un signal analogique proportionnel à la vitesse de rotation. Ce signal analogique peut être généré, soit par une génératrice tachymétrique, soit par la force électromotrice prise sur les enroulements statoriques du moteur.

Avantages:

- Seuil de détection stable quel que soit le taux de décélération.
- Prise d'information assurée par câblage électrique uniquement.

Inconvénients:

- Détecteur ne convenant pas lorsque les éléments mobiles dangereux ne sont pas directement accouplés à l'organe moteur mais par l'intermédiaire d'une transmission susceptible de déconnexions accidentelles ou non (limiteur de couple, embrayage, courroie, etc.).
- Risque d'incompatibilité avec des appareils tels que les dispositifs de freinage par contre-courant, variateurs de fréquence, systèmes de démarrage étoile-triangle.

c. Détecteur numérique



Le principe de fonctionnement est celui du traitement digital des impulsions.

Ce type de détecteur est composé de deux éléments distincts, un générateur d'impulsions et un dispositif de traitement du signal. Les impulsions de commande sont délivrées par deux détecteurs de proximité inductifs associés à un disque segmenté, un arbre à came, une roue dentée ou tout autre « drapeau » de signalisation.

Le seuil de détection est donné par la relation :

$$N = 1 / T \cdot Z$$

avec N : seuil (tr/s), T : consigne (s), Z : nombre de drapeaux.

Avantages :

- Détecteur permettant le contrôle des éléments en rotation source de risques.
- Faible encombrement du ou des générateurs d'impulsions (détecteur inductif, magnétique, etc.).

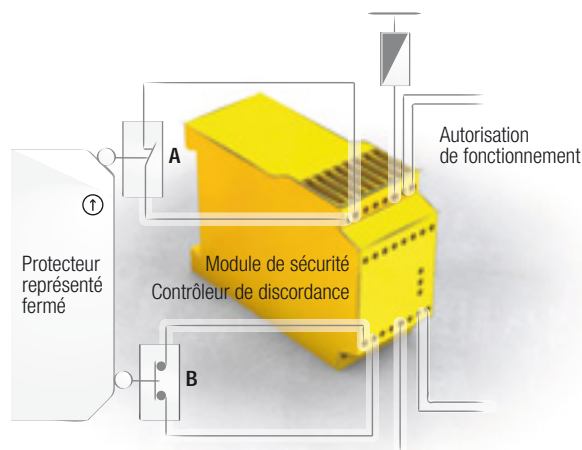
Inconvénients :

- Détecteur nécessitant une adaptation du seuil de détection aux caractéristiques cinématiques du mécanisme à contrôler.
- Détecteur nécessitant pour un seuil de détection proche de l'arrêt un nombre de drapeaux « Z » élevé (attention à ne pas dépasser la plage d'utilisation du détecteur) et/ou une consigne « T » élevée (temps de réponse élevé).

7.2.6. Contrôleur de discordance

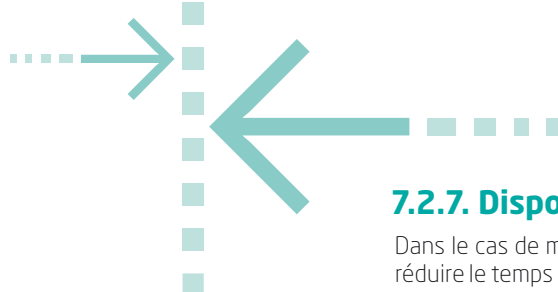
Dans le cas d'un système de verrouillage (ou d'interverrouillage) destiné à une application présentant un niveau de risque élevé, il est très souvent fait appel à des blocs logiques de sécurité. Ils ont pour fonction de vérifier, par comparaison, la concordance de signaux apparaissant sur leurs entrées et ils génèrent un signal de sortie pour autoriser le fonctionnement si les messages d'entrée sont concordants. Cette fonction est réalisée par l'intermédiaire d'un autocontrôle, ce qui nécessite une logique relativement complexe.

Ces blocs logiques de sécurité se présentent sous la forme de boîtier intégrable dans un circuit de commande. Il existe également des modules qui peuvent, par l'intermédiaire d'un logiciel de programmation spécifique, être paramétrés pour réaliser différentes fonctions de sécurité (arrêt d'urgence, commande bimanuelle, etc.) ainsi que des modules (ou blocs fonctions) entièrement logiciels qui peuvent être exploités dans un automate programmable industriel dédié à la sécurité (APIdS).



Remarque

Les blocs logiques mis isolément sur le marché assurant une fonction de sécurité sont listés aux annexes IV et V de la directive « Machines ». En conséquence, ils sont soumis aux dispositions de cette directive et doivent respecter les procédures d'évaluation de la conformité définies aux points 3 et 4 de l'article 12.



7.2.7. Dispositifs de freinage

Dans le cas de machines à forte inertie, il peut être fait appel à des dispositifs de freinage afin de réduire le temps d'arrêt et ainsi permettre un déblocage des protecteurs plus rapide. Pour cela, il faut s'assurer du maintien dans le temps des caractéristiques de freinage.

On rencontre principalement deux types de dispositifs de freinage, par manque ou par injection de courant.

	Frein par manque de courant	Frein par injection de courant
Principes	Lorsque le frein est alimenté, les disques de freinage sont séparés électromagnétiquement. Lorsque l'alimentation électrique du frein est coupée, les disques de freinage sont plaqués l'un contre l'autre sous l'action de ressorts. Ce sont ces ressorts qui déterminent le couple de freinage.	Le freinage est obtenu par injection de courant pulsé dans les enroulements du stator du moteur que l'on souhaite freiner.
Avantages	<ul style="list-style-type: none">■ Un tel dispositif peut faire partie intégrante du moteur, il s'agit alors d'un moteur frein, ou être conçu sous forme de module pouvant être ajouté, si nécessaire, sur une transmission.■ Sécurité de freinage en cas de coupure accidentelle d'alimentation.■ Conditions de fonctionnement optimales.■ Possibilité de déblocage manuel du frein.	<ul style="list-style-type: none">■ Décélération contrôlée en permanence.■ Permet un freinage doux et constant.■ Pas d'usure mécanique et de ce fait aucun entretien.■ Dispositif entièrement électrique, ne nécessitant aucune modification mécanique du mécanisme à freiner.■ Adaptation facile à différents types de moteur.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none">■ Adaptation mécanique pouvant être importante.	<ul style="list-style-type: none">■ Par principe, ces dispositifs ne respectent pas le principe de l'action positive. Une défaillance (absence d'alimentation, défaillance interne, etc.) peut entraîner une absence de freinage.■ La possibilité d'obtenir électriquement des temps de freinage très courts, sur des moteurs non conçus à cet effet, peut entraîner leur détérioration.■ Ne convient pas en général pour des freinages fréquents (risques d'échauffement).

Lorsque l'estimation du risque conduit à qualifier la fonction de freinage comme une fonction de sécurité directe, celle-ci ne peut alors être réalisée à l'aide d'un simple module de freinage par injection de courant.

→ 7.3. Dispositifs de détection de personnes

Les dispositifs de détection de personnes permettent de réguler en limitant ou en autorisant sous certaines conditions toute présence humaine dans une zone réputée dangereuse (pièces en mouvement par exemple); si l'homme pénètre dans une telle zone, sa présence serait immédiatement détectée et le phénomène dangereux annihilé (arrêt des mouvements, mise en repli par exemple).

Ils contribuent donc à ce que l'homme évolue dans un espace préalablement défini comme étant une zone protégée (ou à accès protégé).

En tant que «dispositifs électrosensibles conçus pour la détection des personnes», ces dispositifs sont listés à l'annexe IV de la directive «Machines». En conséquence, s'ils sont mis isolément sur le marché, ils sont soumis aux procédures d'évaluation de la conformité définies aux points 3 et 4 de l'article 12 de la directive.

Les chapitres suivants donnent les principales informations pratiques nécessaires au choix et à l'installation des différentes familles de dispositifs de détection de personne (optique, sensible à la pression, vision, ondes radios, etc.).

Remarque

De part leur principe de fonctionnement, ces dispositifs ne sont pas adaptés aux machines présentant :

- des risques de projections ;
- un temps de mise à l'arrêt important (s'il y a un dispositif prévu pour réduire le temps d'arrêt, voir chapitre sur les dispositifs de freinage).

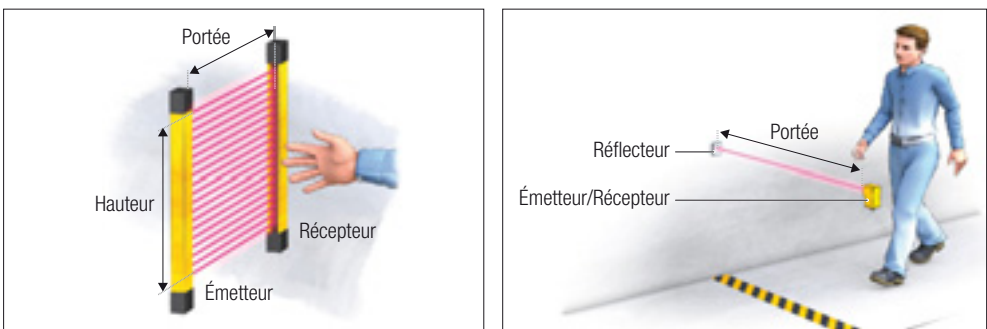
7.3.1. Dispositifs optoélectroniques

Travaillant le plus souvent dans l'infrarouge, ces dispositifs sont conçus pour détecter la présence ou le passage de tout ou partie d'une personne (ou d'un objet) dans leur champ de détection. Ils se composent d'un émetteur et d'un récepteur, ou d'un émetteur-récepteur et d'un réflecteur.

a. Critères de choix

Hauteur et portée du faisceau

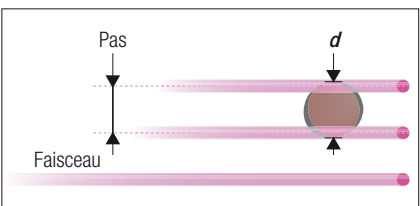
Ces deux caractéristiques déterminent la surface du champ protégé. La portée correspond à la distance maximale pouvant séparer l'émetteur du récepteur ou l'émetteur-récepteur du réflecteur.



Capacité de détection

Elle correspond au plus petit diamètre (d) d'un cylindre opaque détectable par le dispositif en tous points du champ de détection.

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



La capacité de détection intervient dans le calcul de la distance de sécurité à respecter entre le dispositif de détection et la zone dangereuse.

Temps de réponse

C'est le temps maximum entre une intrusion dans le champ de détection et la commutation du signal de sortie du dispositif. Il intervient dans le calcul de la distance de sécurité à respecter entre le dispositif de détection et la zone dangereuse.

Type

Défini par la norme NF EN 61496-1, le type (2, 3 ou 4) qualifie le comportement du dispositif en cas de défauts et/ou de perturbations environnementales (vibrations, CEM, éclairage, etc.). Pour un niveau de risque élevé (accès à la zone dangereuse fréquent et/ou dommage potentiel irréversible), on choisira un dispositif de type 4 (niveau de sécurité élevé).



b. Consignes générales d'implantation

L'efficacité de ces dispositifs de détection de personne repose non seulement sur leur niveau de sécurité (type) mais également sur leur positionnement par rapport à la zone dangereuse et leur interconnexion avec le circuit de commande de la machine.

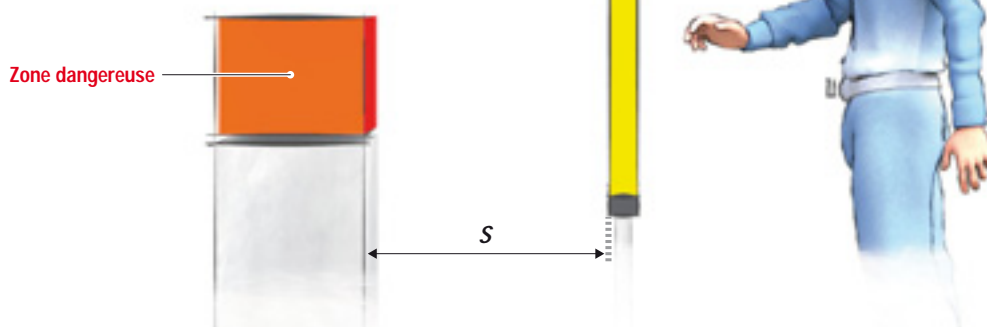
1. Le dispositif de détection de personnes et la partie de système de commande relative à la sécurité sur laquelle il vient se connecter doivent avoir le même niveau de sécurité. Cette connexion doit être réalisée selon les consignes figurant dans la notice d'instructions du dispositif.
2. La zone dangereuse ne doit être accessible qu'au travers du champ protégé par le dispositif de détection.
3. Il ne doit pas être possible de se tenir entre le champ de détection et la zone dangereuse.



4. Lorsque le champ de protection ne couvre pas parfaitement tous les accès possibles vers la zone dangereuse (sur le côté, par-dessous ou par-dessus le dispositif de détection), il faut ajouter des protections supplémentaires (protecteurs fixes, mobiles, dispositifs électrosensibles, etc.) protégeant ces accès.
5. Une distance de sécurité **S** doit être respectée entre le dispositif et la zone dangereuse afin d'adapter le temps d'accès au temps d'arrêt de l'élément mobile dangereux.

$$S = K \times (t1 + t2) + C$$

- **S** = distance de sécurité en mm (**S**mini = 100 mm)
- **K** = constante en mm/s, calculée à partir des vitesses d'approche du corps humain de la zone dangereuse
- **t1** = temps de réponse global du dispositif en secondes (donnée constructeur)
- **t2** = temps de mise à l'arrêt de la machine en secondes
- **C** = distance supplémentaire en mm, basée sur la distance parcourue par une partie du corps avant sa détection



Remarque

Les coefficients **K** et **C** sont fonction de la capacité de détection du dispositif, de son implantation et du sens d'approche de la personne à détecter. Les chapitres suivants illustrent les cas d'application les plus fréquents. Pour plus de détails, il y a lieu de se référer à la norme NF EN ISO 13855 traitant de ce sujet.

De même, l'existence d'une norme spécifique ou de spécifications techniques particulières (par exemple pour les presses, les palettiseurs, etc.) prévaut sur les prescriptions générales.

c. Cellule monofaisceau

Il s'agit d'un dispositif optoélectronique de «sécurité» à faisceau unique. L'occultation de ce faisceau provoque l'arrêt des mouvements dangereux.

Ces cellules sont essentiellement utilisées pour détecter l'accès d'une personne dans une zone dangereuse.

En cas d'utilisation d'une seule cellule :

1. le faisceau doit être parallèle au sol afin d'être coupé par le corps d'une personne en position debout ;
2. la hauteur d'implantation h recommandée est de 750 mm ;
3. les coefficients K et C pour le calcul de la distance de sécurité sont respectivement 1 600 mm/s et 1 200 mm.

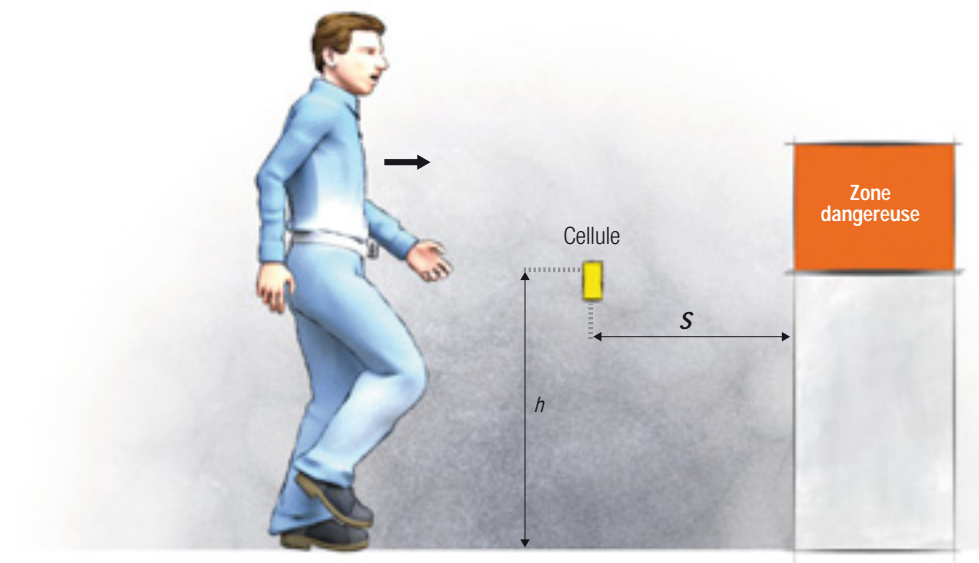
$$S = 1\,600 \times (t_1 + t_2) + 1\,200 \text{ mm}$$

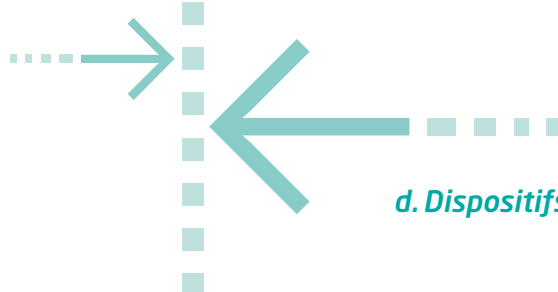
Exemple de calcul de S pour :

— une machine possédant un temps d'arrêt de $t_1 = 0,4$ s

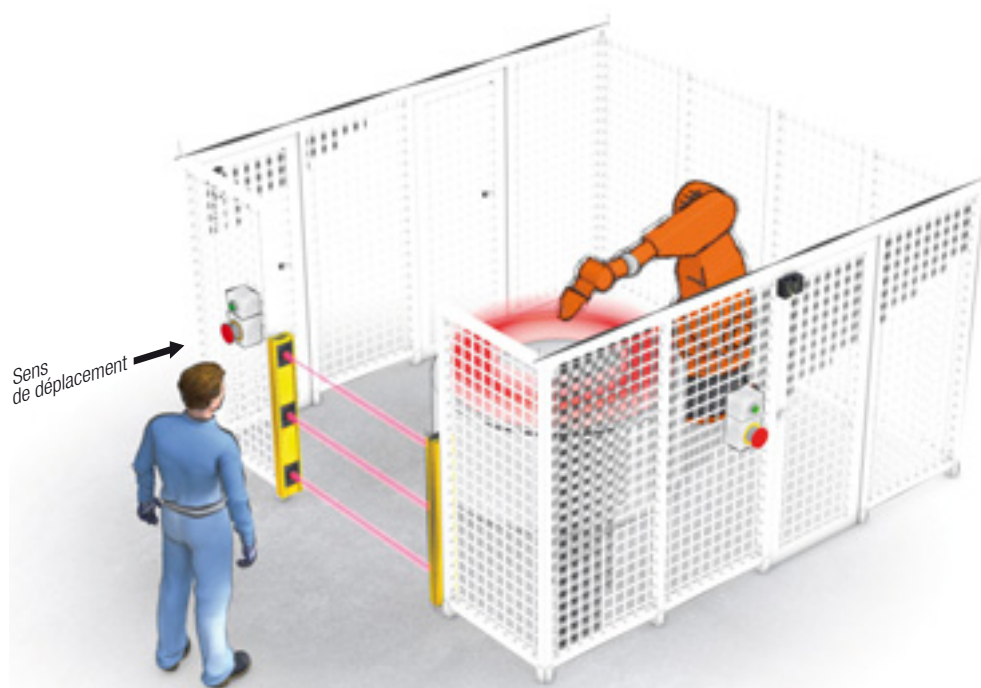
— une cellule de temps de réponse $t_2 = 0,02$ s

$$S = 1\,600 \times (0,02 + 0,4) + 1\,200 = 1\,872 \text{ mm}$$





d. Dispositifs multifaisceaux de capacité de détection supérieure à 70 mm

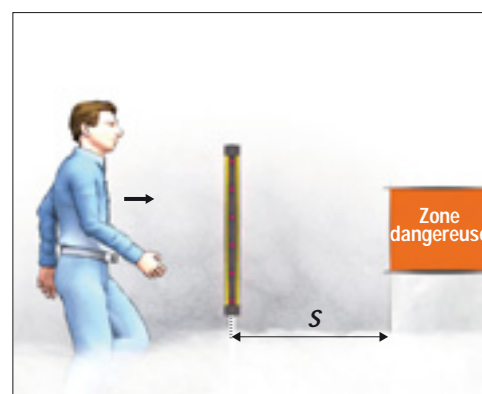
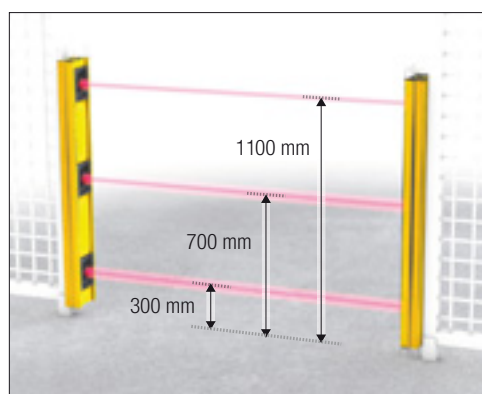


Ces dispositifs peuvent être, soit un ensemble complet commercialisé comme un seul composant de sécurité, soit un assemblage de composants de sécurité (cellules monofaisceau + blocs logiques).

Ils permettent de détecter le passage du corps de l'opérateur. De ce fait, ils conviennent aux protections d'accès ou périmétriques. Ils ne conviennent pas pour la détection d'une partie du corps.

Par exemple, pour les dispositifs à trois et quatre faisceaux, il est recommandé de respecter les hauteurs indiquées dans le tableau ci-contre.

Nombre de faisceaux	Hauteur recommandée
4	300, 600, 900, 1 200 mm
3	300, 700, 1 100 mm



Dans tous les cas, la hauteur du faisceau le plus bas doit être inférieure ou égale à 300 mm et la hauteur du faisceau le plus haut supérieure ou égale 900 mm.

Dans le cas d'une approche perpendiculaire, les coefficients K et C pour le calcul de la distance de sécurité **S** sont respectivement 1 600 mm/s et 850 mm.

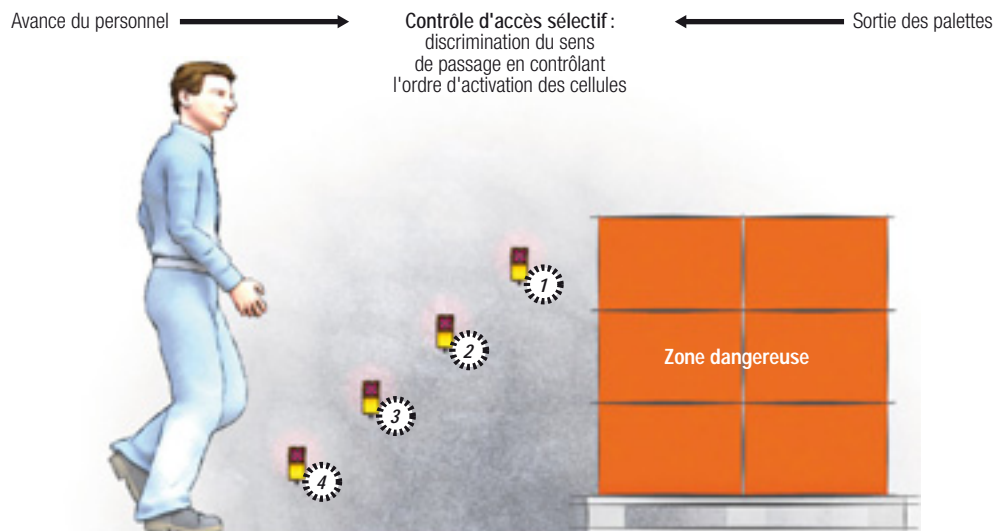
$$S = 1\,600 \times (t_1 + t_2) + 850 \text{ mm}$$

Exemple de calcul de **S** pour :

— une machine possédant un temps d'arrêt de $t_1 = 0,4 \text{ s}$

— un dispositif de capacité de détection $d = 300 \text{ mm}$ et de temps de réponse $t_2 = 0,02 \text{ s}$

$$S = 1\,600 \times (0,02 + 0,4) + 850 = 1\,522 \text{ mm}$$



En disposant les cellules de façon judicieuses et en contrôlant les séquences d'occultation, ces dispositifs peuvent également être utilisés comme contrôle d'accès sélectif.

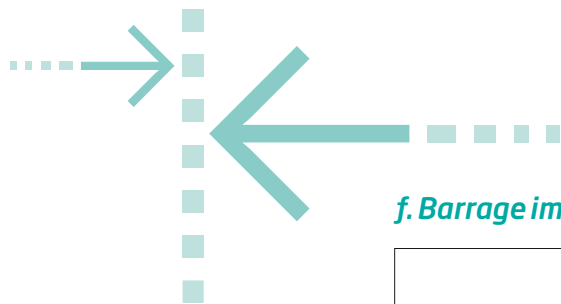
C'est par exemple le cas pour le contrôle des charges palettisées (NF EN 415-4).

Document INRS de référence: ED 90 [7.3]

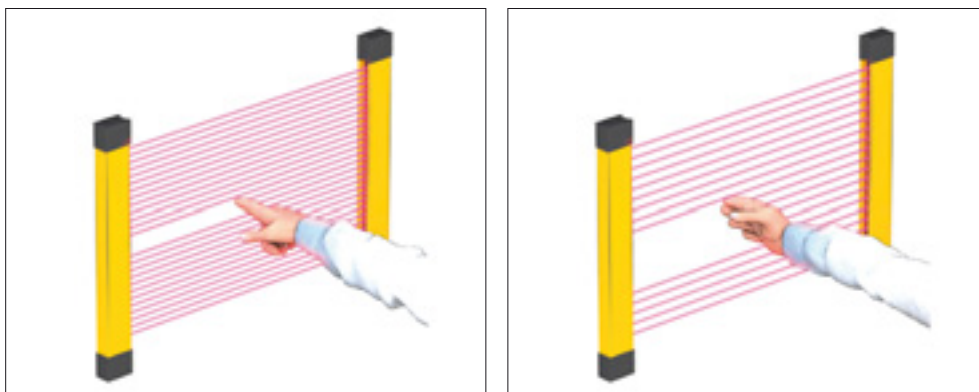
e. Dispositifs multifaisceaux de capacité de détection supérieure à 40 mm et inférieure ou égale à 70 mm

Ce type de détection convient aux protections d'accès ou périmétriques. Il permet de détecter le passage d'un bras ou du corps de l'opérateur. Il ne convient pas pour la détection des mains.

Type d'approche	Perpendiculaire	Parallèle
Implantation	Hauteur du faisceau le plus bas ≤ 300 mm Hauteur du faisceau le plus haut ≥ 900 mm	Hauteur du faisceau le plus élevé • max. = 1 000 mm • min. = $15 \times (d - 40)$ mm (d = capacité de détection du dispositif en mm)
Distance de sécurité $S = K \times (t_1 + t_2) + C$	$K = 1\,600$ mm/s $C = 850$ mm $S = 1\,600 \times (t_1 + t_2) + 850$ mm	$K = 1\,600$ mm/s $C = 1\,200 - (0,4 \times H)$ avec $C_{\min} = 850$ mm $S = K \times (t_1 + t_2) + (1\,200 - 0,4 H)$
Exemple de calcul: • Temps d'arrêt de la machine: $t_1 = 0,4$ s • Capacité de détection du dispositif: $d = 50$ mm • Temps de réponse du dispositif: $t_2 = 0,02$ s	$S = 1\,600 \times (0,02 + 0,4) + 850 = 1\,522$ mm	$H = 15 \times (50 - 40) = 150$ mm $C = 1\,200 - (0,4 \times 150) = 1\,140$ mm $S = 1\,600 \times (0,02 + 0,4) + 1\,140 = 1\,812$ mm



f. Barrage immatériel de capacité de détection inférieure ou égale à 40 mm



Ce type de barrière est nécessaire pour détecter le passage de la main, voire du doigt de l'opérateur si la capacité de détection est de 14 mm.

Dans ce cas, la barrière immatérielle se trouve généralement proche de la zone dangereuse.

Les coefficients pour le calcul de la distance de sécurité **S** sont :

— $K = 2\,000 \text{ mm/s}$

— $C = 8 \times (d - 14)$ avec $C_{\text{mini}} = 0 \text{ mm}$ (d = capacité de détection du dispositif en mm)

$$S = 2\,000 \times (t_1 + t_2) + 8 \times (d - 14)$$

Si la distance de sécurité calculée à l'aide de cette relation est supérieure à 500 mm, elle pourra être réduite en utilisant $K = 1\,600 \text{ mm/s}$ mais à condition de respecter une distance **S** minimum de 500 mm. En aucun cas, la distance **S** ne doit être inférieure à 100 mm.



Exemple de calcul de **S** pour :

— une machine possédant un temps d'arrêt de $t_1 = 0,4 \text{ s}$

— une barrière immatérielle de capacité de détection $d = 14 \text{ mm}$ et de temps de réponse $t_2 = 0,02 \text{ s}$

$$S = 2\,000 \times (0,02 + 0,4) + 8 \times (14 - 14) = 840 \text{ mm}$$

S est supérieur à 500 mm, on peut donc utiliser $K = 1\,600 \text{ mm/s}$ soit :

$$S = 1\,600 \times (0,02 + 0,4) + 8 \times (14 - 14) = 672 \text{ mm}$$

Remarque

Si la distance minimale est trop importante et n'est pas acceptable pour l'ergonomie du poste, il faut se demander s'il est possible, faute de pouvoir diminuer le temps de réponse global de la machine, de diminuer la capacité de détection du barrage immatériel.

g. Modes de commande et de fonctionnement particuliers

Commande d'enchaînement de cycle par désoccultation (document INRS de référence : ED 114 [7.4])

Si une barrière immatérielle est utilisée pour la commande d'enchaînement de cycles, les recommandations suivantes s'appliquent :

1. La distance minimale **S** est calculée avec la formule suivante :

$$S = K (t_1 + t_2) + 8 (d - 14)$$

2. La barrière immatérielle doit avoir une capacité de détection d'objet d inférieure ou égale à 30 mm.

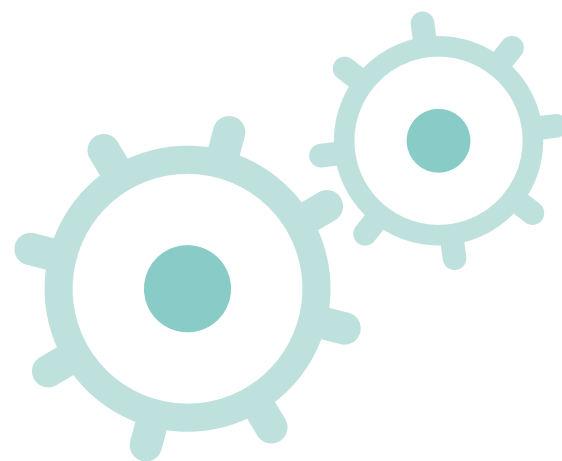
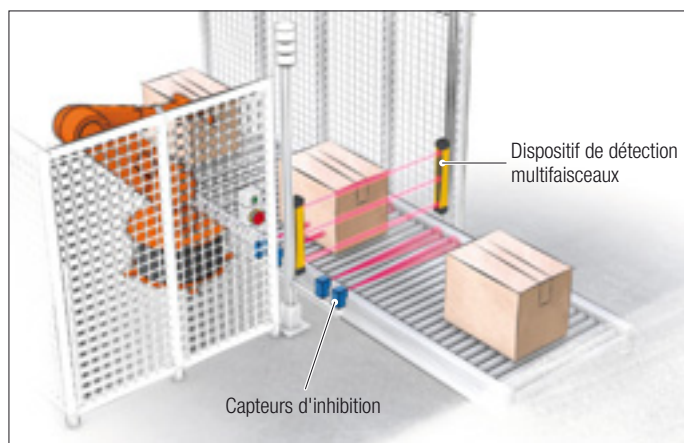
3. La valeur de K doit toujours être égale à $2\,000 \text{ mm/s}$.

4. Cette distance **S** ne doit pas être inférieure à 150 mm si la capacité de détection de la barrière immatérielle est supérieure à 14 mm.

Remarque

Certaines machines ont des exigences particulières très strictes concernant cette utilisation.

Inhibition (muting)



Cette fonction permet d'inhiber (désactiver) temporairement le champ de protection d'un système d'un barrage immatériel. Le déclenchement et la fin de l'inhibition sont pilotés à l'aide de capteurs supplémentaires.

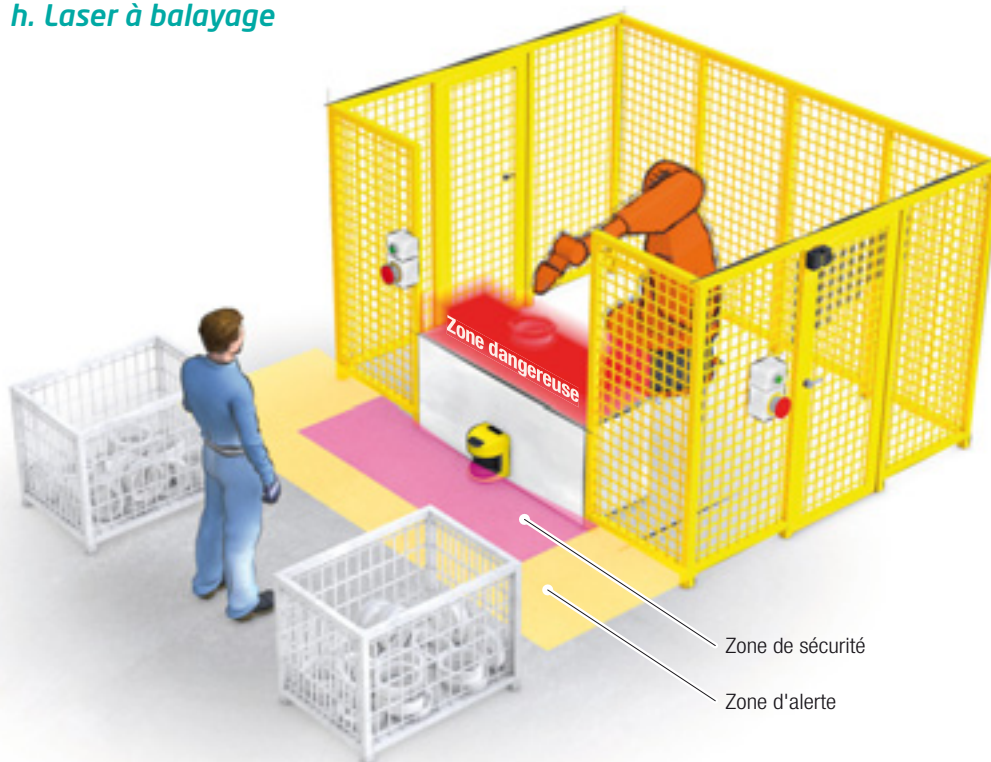
Capacité de détection augmentée / Masquage (blanking)

Ces fonctions permettent d'inhiber la détection d'un groupe de faisceaux sélectionnés. En augmentant la capacité de détection initiale du barrage immatériel, elles autorisent la présence d'objets dans le champ de détection durant les opérations de *process*.

	Capacité de détection augmentée	Masquage fixe	Masquage flottant
Définition	n/n + 1 faisceaux sont désactivés sur toute la hauteur du champ de protection du barrage.	Une ou plusieurs parties fixes de la zone de détection du barrage peuvent être désactivées.	Une partie, pouvant être mobile, de la zone de détection du barrage peut être désactivée.
Schéma			
Conséquences communes	Augmentation de la capacité de détection initiale du barrage		
Prescriptions communes	Attention: La configuration et l'activation de ces modes de fonctionnement nécessitent une compétence approfondie. Ils ne doivent être accessibles qu'avec l'usage d'une clé, d'un outil ou d'un mot de passe. Ces modes de fonctionnement doivent faire l'objet d'une signalisation sur le barrage.		
Prescriptions particulières	Adaptation de la distance de sécurité à la nouvelle capacité de détection.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Détermination (par apprentissage ou par programmation) des faisceaux inhibés. ■ Contrôle permanent de l'obturation des émetteurs et des récepteurs inhibés. ■ Si cela est possible, mise en place de protections supplémentaires pour empêcher l'accès à la zone dangereuse via la zone inhibée. Si ce n'est pas possible la distance de sécurité doit être adaptée afin de tenir compte de la nouvelle capacité de détection. ■ S'il est admis, pour des raisons de disponibilité, une tolérance sur le nombre de faisceau inhibés, la distance de sécurité doit être adaptée afin de tenir compte de la nouvelle capacité de détection. 	



h. Laser à balayage



Les lasers à balayage ou « lasers-scanners » de sécurité sont des scrutateurs optiques conçus pour la détection des personnes.

Ils émettent un rayon laser invisible et non dangereux qui, sous l'effet d'un miroir tournant, balaye l'ensemble du champ d'action en forme de portion de cercle. Le scanner évalue les impulsions lumineuses réfléchies par les objets ou les personnes dans son champ et calcule constamment les coordonnées exactes de leur position à partir du temps de propagation de la lumière.

Ce type de dispositif est bien adapté à la protection de sites automatisés et robotisés, de chariots filoguidés. En effet, il permet au travers d'un logiciel de configuration de définir de façon libre dans ce champ d'action différentes zones de sécurité et d'alerte :

- en cas d'intrusion dans la zone de sécurité, un arrêt immédiat de la machine est provoqué ;
- en cas d'intrusion dans la zone d'alerte, une alarme ou le passage en vitesse réduite de l'équipement est déclenché.

Pour le calcul de la distance de sécurité, on appliquera les formules précédentes (voir chapitre 7.3.1.e et f) en fonction de la sensibilité du dispositif et de son installation (horizontale ou verticale).



7.3.2. Dispositifs sensibles à la pression

Ce sont des dispositifs de sécurité qui comprennent un ou plusieurs capteurs qui répondent à l'application d'une pression. Ils peuvent être de différentes technologies (pneumatique, électrique, optique, etc.).

Ces capteurs sont associés à un circuit de commande avec ou sans fonction de contrôle et une ou plusieurs interfaces de sortie (selon le niveau de sécurité spécifié : voir NF EN ISO 13849-1).

a. Tapis et planchers sensibles

Définitions

Du point de vue normatif (NF EN 1760-1), la différence entre un tapis et un plancher sensible réside sur le mode de déformation de la surface sensible.

Pour un tapis, cette surface sensible se déforme localement pour actionner le ou les capteurs alors que pour un plancher, elle se déforme dans sa totalité quand le ou les capteurs sont activés ou actionnés.

Principe

Une présence sur la surface provoque l'arrêt du mouvement dangereux et si nécessaire l'inversion du mouvement.

Distance de sécurité

Les coefficients K et C pour le calcul de la distance de sécurité sont respectivement 1 600 mm/s et 1 200 mm. Si ces dispositifs sont installés sur une marche ou une plate-forme surélevée, cette distance peut être réduite d'une valeur de $0,4 \times H$ (H est la hauteur de la marche en millimètres par rapport au sol).

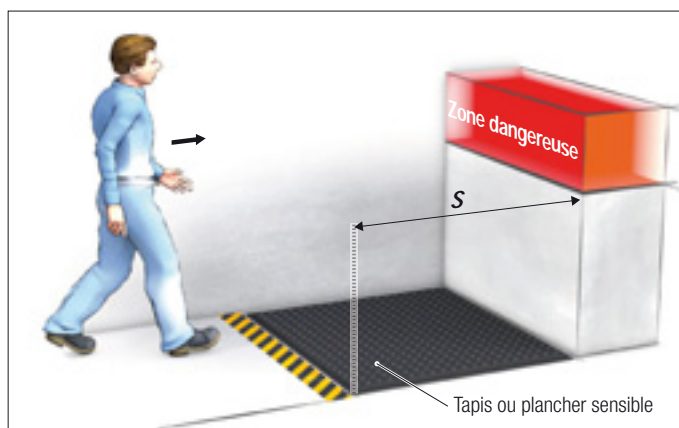
$$S = 1\,600 \times (t_1 + t_2) + 1\,200 \text{ mm}$$

Exemple de calcul de S pour :

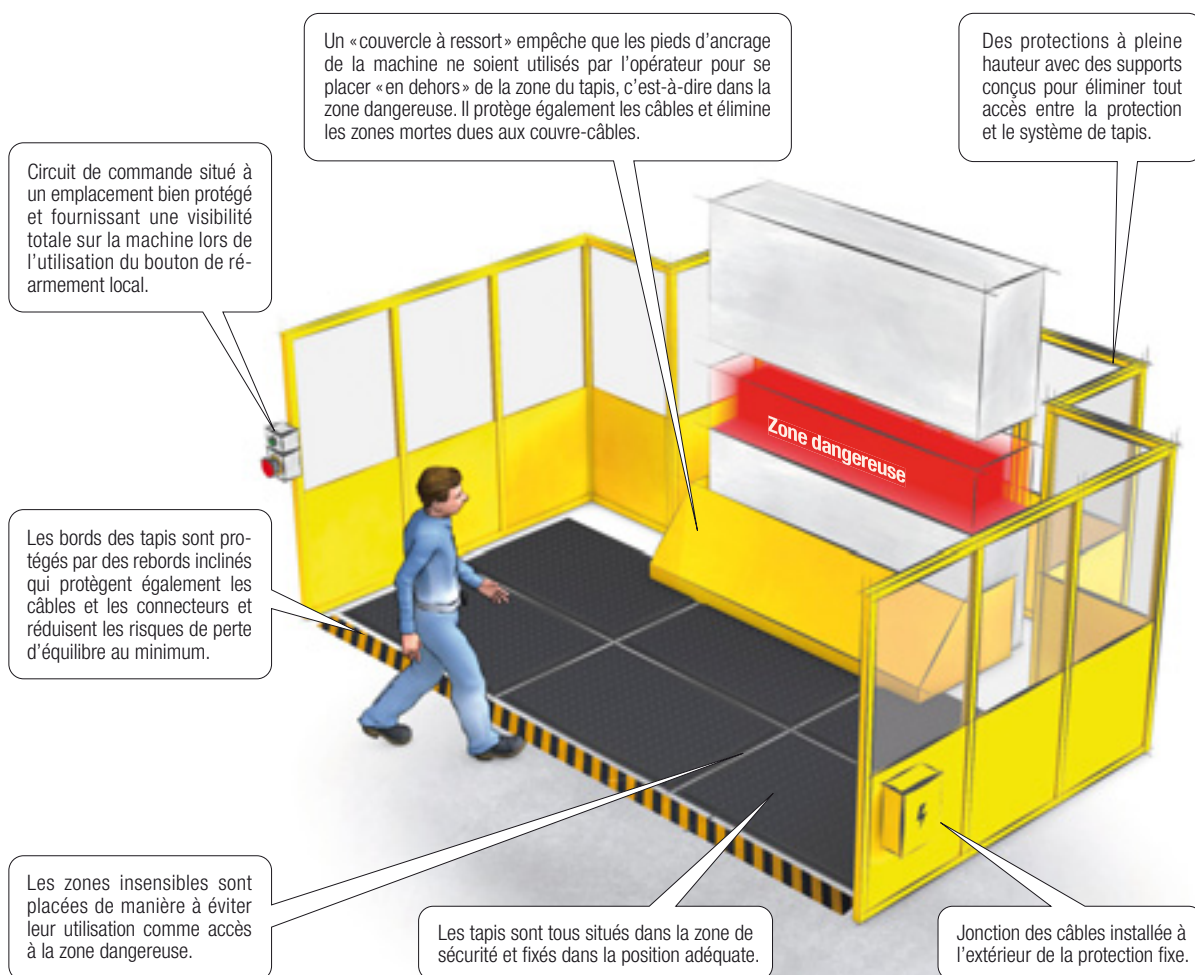
- une machine possédant un temps d'arrêt de $t_1 = 0,4 \text{ s}$
- un tapis ou un plancher sensible installé au sol de temps de réponse $t_2 = 0,02 \text{ s}$

$$S = 1\,600 \times (0,02 + 0,4) + 1\,200 = 1\,872 \text{ mm}$$

Des dispositions doivent être prises pour éviter d'enjambrer le tapis sensible sans être détecté.

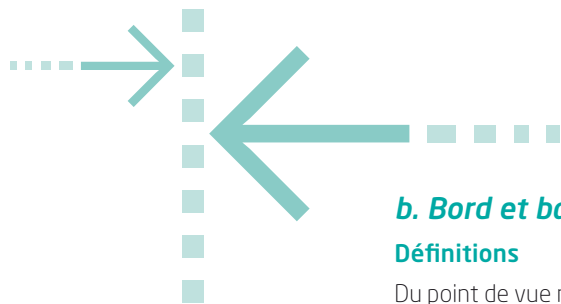


→ Exemple d'installation d'un tapis sensible



Remarque

Certains dispositifs sont neutralisables en interposant un panneau répartissant le poids du corps sur une grande surface. Ils peuvent être endommagés par perforation, lors de chutes d'objets, de matière en fusion, circulation d'engins, etc.



b. Bord et barre sensibles (NF EN 1760-2)

Définitions

Du point de vue normatif (NF EN 1760-2 et 3), les bords et les barres sensibles sont des dispositifs dont :

- la section transversale est constante sur toute la surface sensible à la pression ;
- la largeur de la section transversale est supérieure à 8 mm.

La principale différence réside sur le mode de déformation de la surface sensible.

Pour un bord, le champ sensible effectif est déformé localement pour actionner le ou les capteurs, alors que pour une barre, le champ sensible effectif se déplace dans sa totalité pour actionner les ou les capteurs.

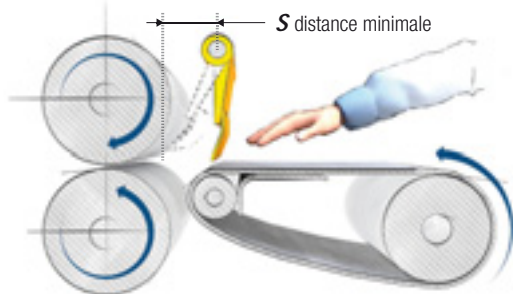
Types d'application

Les bords sensibles peuvent être mis en œuvre sur les capots protecteurs de machines, les tables et plates-formes élévatrices, les portiques de levage, ainsi que les manipulateurs automatiques.

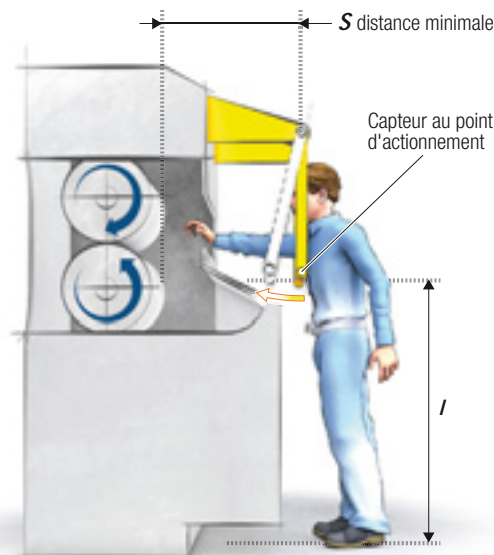
En outre, les bords sensibles peuvent être utilisés pour limiter les forces exercées sur un obstacle par une porte et un portail ainsi que dans les cas des portes et fenêtres à fermeture automatique sur les véhicules.

On distingue donc deux types principaux d'applications :

- les applications où le capteur est monté sur une surface mobile susceptible d'engendrer un risque de collision, d'emprisonnement ou d'écrasement. Dans de telles applications, il est admis que des parties du corps puissent être emprisonnées pendant une courte période. La force de pression doit alors être la plus faible possible (*voir chapitre 4.5*) ;
- les applications où le capteur est monté sur un objet fixe à une certaine distance de sécurité par rapport à la zone de danger d'une machine. Le capteur est actionné lorsqu'une personne ou une partie du corps humain s'approche trop près de la zone dangereuse. La distance de sécurité doit alors être suffisante pour assurer l'arrêt des mouvements dangereux avant qu'il soit possible de les atteindre.



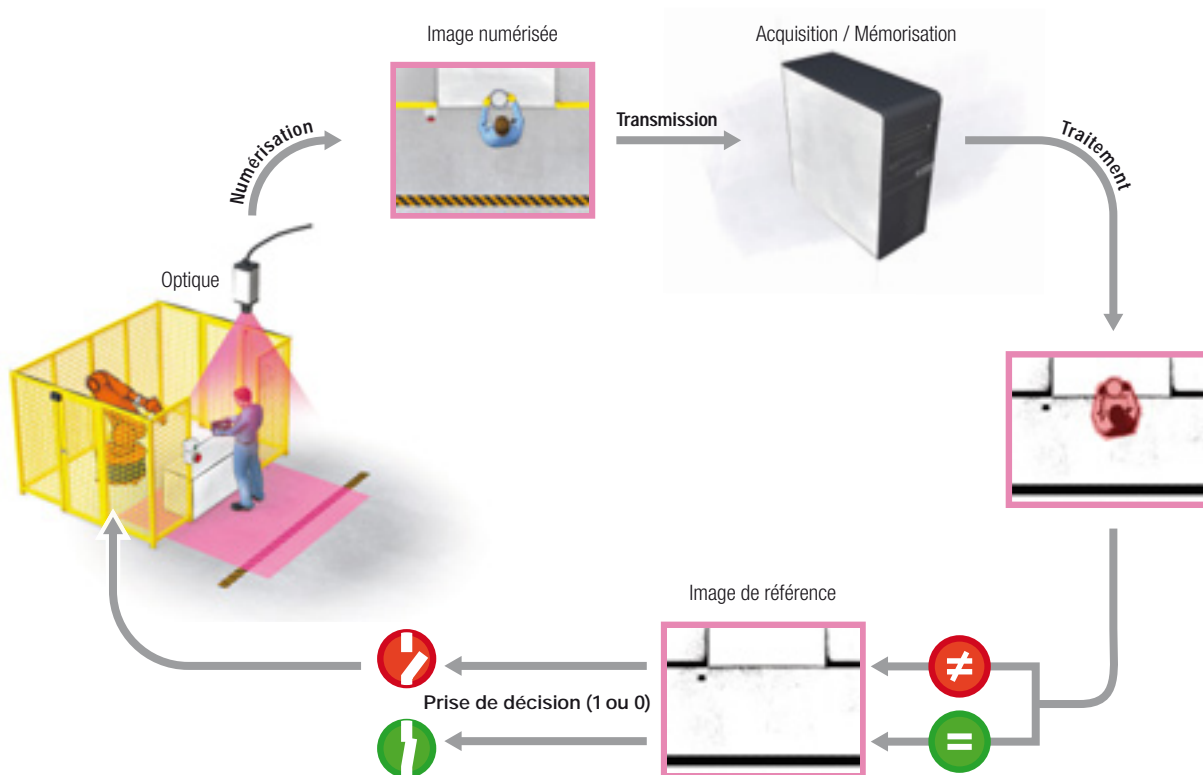
Pour déterminer la distance de sécurité S , depuis le plan d'actionnement du dispositif de sécurité jusqu'au point dangereux le plus proche, il est nécessaire de se rapporter à la norme NF EN ISO 13855.



7.3.3. Dispositifs de détection par vision numérique

Un système de vision numérique se compose d'un ou plusieurs capteurs de vision, d'une chaîne de numérisation, de processeurs spécialisés et d'un ensemble de logiciels.

La finalité de ces dispositifs est d'extraire d'une image en mouvement une information généralement de type tout ou rien : « présence ou absence », « bon ou mauvais », etc.



De nombreuses applications de vision industrielle se sont ainsi développées afin de remplacer l'œil humain dans des tâches répétitives et/ou difficiles telles que l'identification et la localisation d'objet, le guidage en continu de machines, l'inspection de pièces et le contrôle de la qualité, etc.

Dans le domaine de la sécurité des machines, les avantages potentiels des techniques de vision par rapport aux dispositifs de détection de personnes « classiques » (barrages immatériels, laser, tapis sensibles, etc.) résident dans :

- une plus grande adaptabilité en matière de configuration de la zone à protéger (meilleure adaptation à la tâche des opérateurs) ;
- une meilleure discrimination « homme/objet » du fait de la richesse des informations traitées.

Toutefois, la conception d'un dispositif de détection de personnes de sécurité basé sur cette technologie reste une tâche difficile du fait de la conjugaison des contraintes : de temps de réponse, de sûreté de fonctionnement, de disponibilité et de coût.

De ce fait, on ne recense à ce jour que trois dispositifs de détection de personnes par vision répondant aux spécifications de la norme NF EN 61496-1.

→ **Description sommaire de la fonction de sécurité : Interdire le (re)démarrage automatique en cas de détection de présence ou d'intrusion dans le champ de protection**



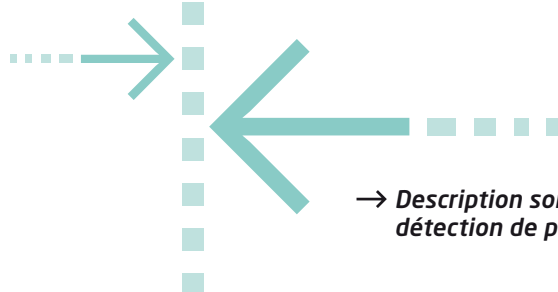
Safety Video Detector – société CNIM

Domaine d'utilisation :

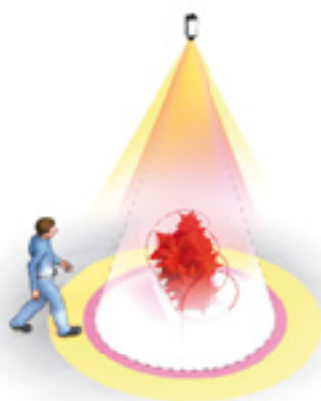
Systèmes de transport des personnes, tels que les escaliers mécaniques ou les trottoirs roulants.

Caractéristique de la fonction de sécurité :

Non communiquée
(contacter les constructeurs).



→ **Description sommaire de la fonction de sécurité: Délivrer un ordre d'arrêt en cas de détection de présence ou d'intrusion dans une zone dangereuse préalablement définie**



Safety-Eye – société PILZ

Domaine d'utilisation:

Industrie: contrôle de zone dangereuse autour des machines.

Caractéristique de la fonction de sécurité:

Portée \approx de 1,5 m à 7,5 m

Zone de détection maximale \approx 7,8 m x 7,4 m

Sensibilité \approx protection du corps

Niveau de sécurité:

\approx SIL 2 (CEI 61508)

\approx PLd selon NF EN ISO 13849-1



V 200 WS et V 300 WS – société SICK

Domaine d'utilisation:

Industrie: contrôle de zone dangereuse autour des machines.

Caractéristique de la fonction de sécurité:

Résolution de 20 mm

Temps de réponse: 20 ms

Niveau de sécurité:

type 2 pour V 200 WS

type 3 pour V 300 WS

Documents INRS de référence: NS 249 [7.5], ND 2175 [7.6], ND 2276 [7.7]

7.3.4. Dispositifs de détection par ondes radios



Un système de détection par ondes radios se compose d'un badge et d'une balise. Le principe de détection est basé sur l'émission, la propagation et la réception d'une onde électromagnétique (quelques dizaines de KHz à 400 MHz).

Ce principe est par exemple très utilisé pour les contrôles d'accès (télépéage autoroutier par exemple).

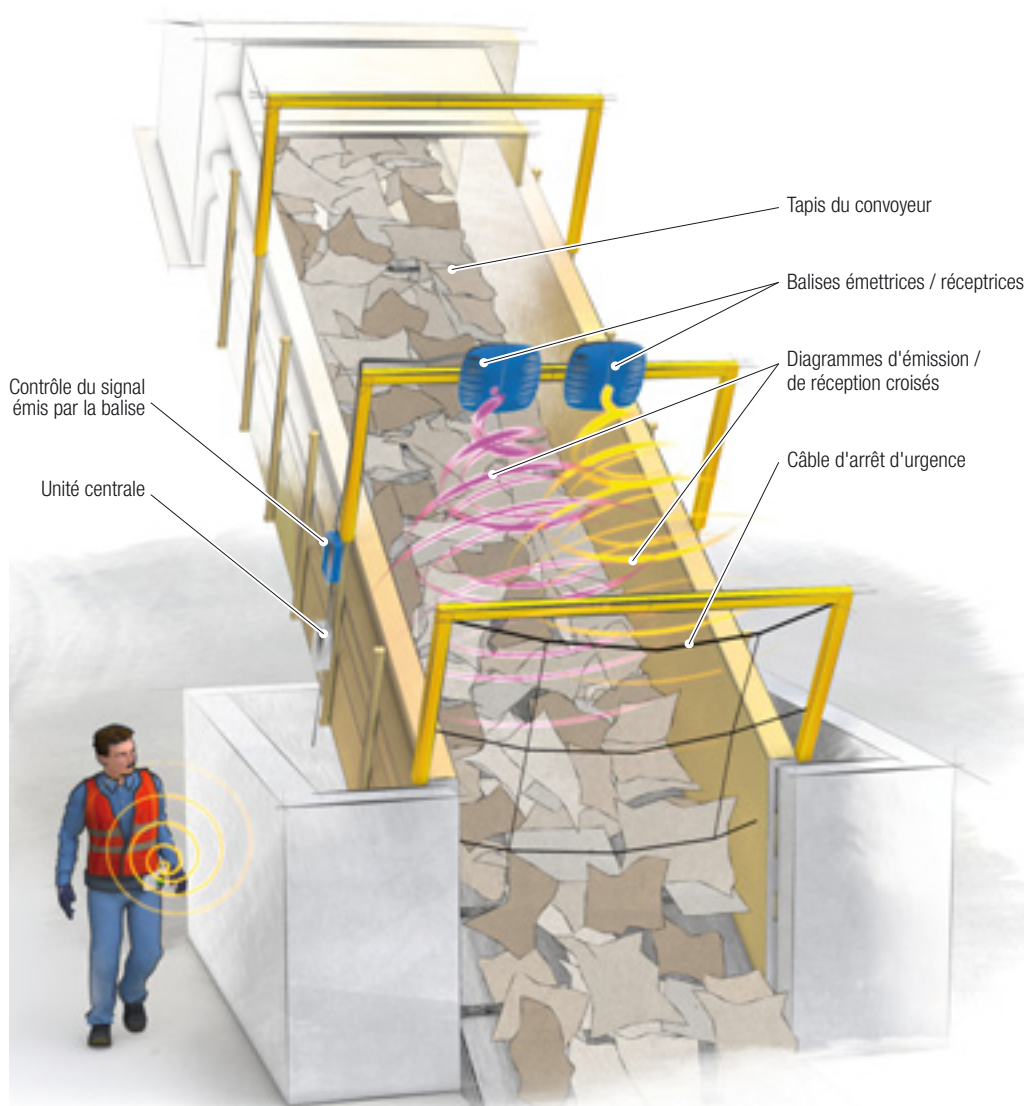
Dans le cas d'un dispositif de détection de personne, une ou plusieurs balises sont positionnées afin que leurs zones d'émission/réception couvrent la zone à protéger.

La personne à détecter porte un badge qui, lorsqu'il capte le signal émis par une des balises émettrices, retourne vers celle-ci un signal qui déclenche un ordre d'arrêt des mouvements dangereux.

Dans le domaine de la sécurité des machines, ce principe de détection est à ce jour principalement utilisé pour sécuriser des installations de broyage ou de compactage de déchets. Ils permettent la détection d'une personne (à condition qu'elle porte un badge) qui viendrait à chuter sur le convoyeur d'alimentation de ces installations, et ce même si elle est immobile et enfouie sous des déchets.

Étant donné que ce type de système ne détecte pas la personne mais le badge, son utilisation nécessite la mise en place de mesures techniques et organisationnelles qui ont pour but :

- de s'assurer du bon fonctionnement de ce badge ;
- d'empêcher toute personne ne portant pas de badge d'accéder à la zone protégée ;
- de veiller à la compatibilité électromagnétique, notamment avec les téléphones portables et les talkies-walkies.



Documents INRS de référence : ND 2232 [7.8]

→ 7.4. Commandes bimanuelles

Lors d'une intervention sur une machine, pour des opérations de chargement/déchargement, de réglage et de maintenance, le dispositif de commande bimanuelle est un des moyens traditionnels pour commander la mise en marche de la machine tout en assurant la protection des mains de l'opérateur.

Les principales caractéristiques des fonctions de sécurité auxquelles doit satisfaire un dispositif de commande bimanuelle sont les suivantes :

- les organes de service sont disposés de telle manière qu'ils doivent être actionnés par les deux mains à la fois sans pour autant gêner l'opérateur ;
- seule une action simultanée sur les deux organes de service peut délivrer l'ordre de commande ;
- le relâchement d'un ou des deux organes de service doit initier l'interruption du signal de sortie ;
- la réinitialisation du signal de sortie ne doit être possible qu'après le relâchement des deux organes de service ;
- la protection offerte par le dispositif de commande bimanuelle ne doit pas être facile à neutraliser ;
- la probabilité de manœuvre accidentelle des organes de service doit être réduite au maximum.



L'ordre de commande est obtenu par action simultanée des deux mains, soit avec les pouces, soit avec les doigts médians.

7.4.1. Composition d'un dispositif de commande bimanuelle

Un dispositif de commande bimanuelle peut être équipé de boutons poussoirs mécaniques ou de touches sensibles. Ces organes de commande sont la plupart du temps reliés à un bloc logique assurant les fonctions de sécurité de la commande bimanuelle.

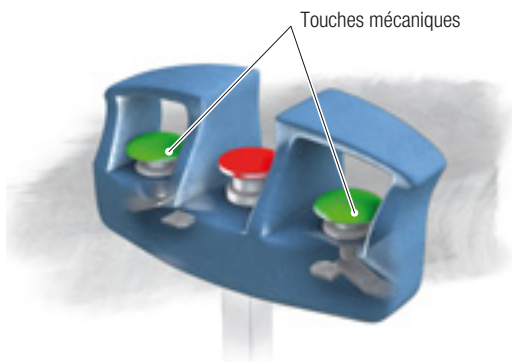
Si l'actionnement se fait :

- par boutons poussoirs mécaniques, ceux-ci ne possédant pas de circuit de commande, le bloc logique est assimilé au générateur de signal ;
- par touches sensibles, le bloc logique comprend le circuit de commandes du générateur de signal et celui des touches sensibles. En conséquence, les références des touches sensibles et du générateur de signal doivent clairement apparaître sur la déclaration CE de conformité et sur l'attestation d'examen CE de type du bloc logique.

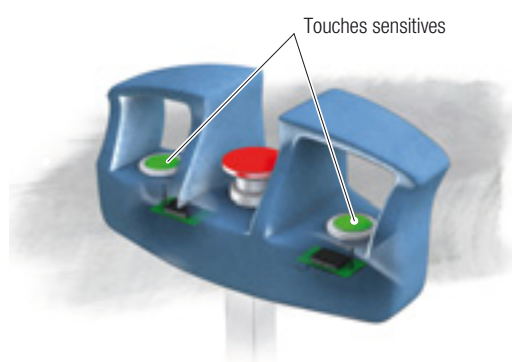
Attention !

Il ne faut pas raccorder des touches sensibles sur un bloc logique de commande bimanuelle prévu exclusivement pour des boutons poussoirs mécaniques. En effet, une défaillance du circuit de commande de cette touche sensible peut alors entraîner le non-respect de l'exigence de sécurité « le relâchement d'un ou des deux organes de service doit initier l'interruption du signal de sortie ».

Commande bimanuelle à touches mécaniques et sensibles



Actionnement par bouton poussoir



Actionnement par touches sensibles

7.4.2. Réglementation

Les dispositifs de commande bimanuelle (commande à deux mains) mis isolément sur le marché, listés à l'annexe V de la directive «Machines» 2006/42/CE, sont des composants de sécurité soumis à la procédure d'évaluation de la conformité définie à l'article 12, point 2 de cette même directive.

Les blocs logiques assurant des fonctions de sécurité mis isolément sur le marché listés au point 21 de l'annexe IV de la directive «Machines» 2006/42/CE sont soumis à la procédure d'évaluation de la conformité définie à l'article 12, points 3 et 4 de cette même directive. C'est donc le cas pour les blocs logiques des commandes bimanuelles.

7.4.3. Choix d'une commande bimanuelle

Le choix du dispositif de commande intervient **après** l'analyse et l'évaluation des risques.

Tout autre moyen de protection collective doit être privilégié (écran, barrage immatériel) afin de prévenir les risques liés aux mouvements répétitifs des membres supérieurs.

Attention, comme la commande bimanuelle n'assure pas la sécurité des tierces personnes, des moyens de protection complémentaires doivent être mis en œuvre tels que des protecteurs latéraux et arrière à la zone dangereuse.

Parmi les critères à prendre en compte pour choisir une commande bimanuelle, il y a :

- **la nature du ou des risques présents** : l'utilisation d'un dispositif de commande bimanuelle est inadaptée aux machines présentant des risques de projection, de dégagements nocifs ou de nuisances physiques (bruit, chaleur, vibrations, etc.) ;
- **le nombre d'opérateurs** : pour les machines requérant l'intervention de plusieurs opérateurs, il est préférable de recourir à d'autres moyens de protection (protecteur, barrage immatériel, etc.) pour assurer la totalité de la protection ou en complément d'une ou plusieurs commandes bimanuelles. Attention, il doit y avoir autant de dispositifs de commande bimanuelle que d'opérateurs ;
- **le « type »** : la norme européenne NF EN 574 propose un classement des dispositifs de commande bimanuelle en plusieurs types (*voir tableau page suivante*) ; il incombe au constructeur et/ou à l'utilisateur de la machine équipée d'un dispositif de commande bimanuelle de prescrire, en fonction du risque estimé, le type de cette commande bimanuelle ;
- **le temps de réponse** : il intervient dans le calcul de la distance de sécurité à respecter entre la cellule et le début de la zone dangereuse ;
- **le pupitre de commande** :
 - organes de service : afin d'assurer les meilleures conditions de confort possible, il est recommandé que leur diamètre soit de 70-80 mm, et que leur écartement soit d'environ 600 mm ; par ailleurs, ils ne doivent ni être de couleur rouge (EN 574), ni constituer des points d'écrasement avec d'autres éléments,
 - effort de manœuvre : il doit être inférieur à 20 N dès lors que le dispositif de commande bimanuelle est utilisé de façon continue ou fréquente (NF EN 894-3) ; il doit être supérieur à 5 N, afin d'éviter les manœuvres accidentelles.

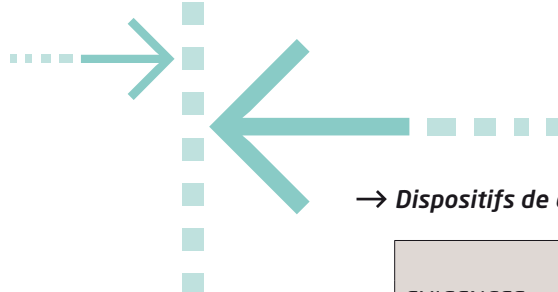
Protection contre la neutralisation et les manœuvres accidentelles

Les organes de service d'un dispositif de commande bimanuelle doivent être disposés de telle façon qu'ils ne puissent être actionnés qu'avec les deux mains de l'opérateur et par une action volontaire (NF EN 574).

La norme NF EN 574 donne des indications pratiques pour réaliser cette protection contre les neutralisations et les manœuvres accidentelles. Les moyens suivants peuvent être utilisés seuls ou combinés : une distance, des écrans, l'orientation des organes de service, une surélévation, des collerettes, etc.

Remarques

- La possibilité de manœuvre d'un dispositif de commande bimanuelle de façon accidentelle et/ou par deux personnes peut également être évitée par la fonction de manœuvre synchrone.
- Une protection totale contre les neutralisations est quasi impossible à réaliser.



→ Dispositifs de commande bimanuelle et exigences minimales de sécurité (NF EN 574)

Nécessaire

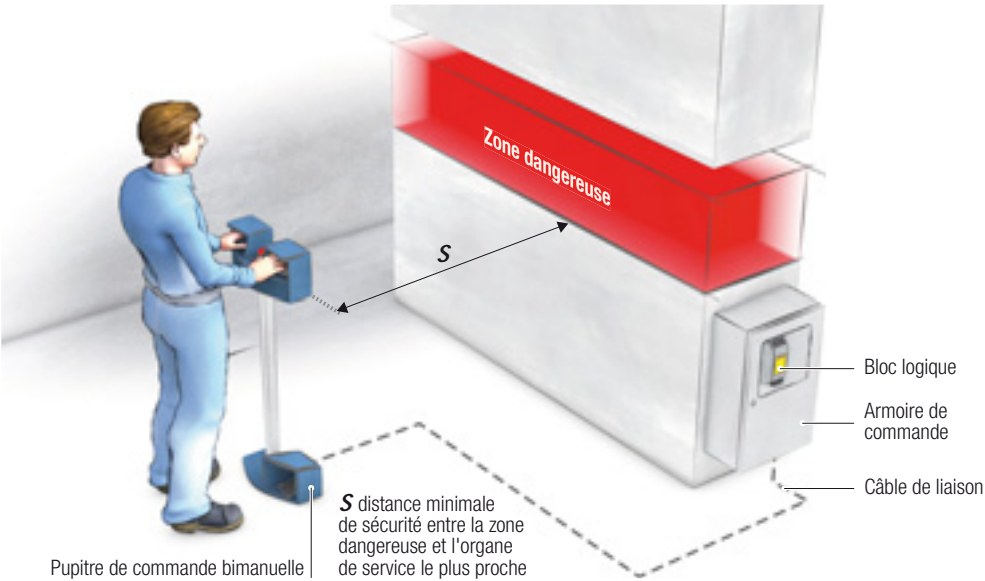
Non requis

EXIGENCES	TYPE				
	I	II	III		
			A	B	C
Usage des deux mains					
Relation entre le signal d'entrée et le signal de sortie					
Interruption du signal de sortie					
Protection contre les manœuvres accidentelles					
Protection contre la fraude					
Ré-initialisation du signal de sortie					
Manœuvre synchrone					
Utilisation de la catégorie 1 selon NF EN ISO 13849-1					
Utilisation de la catégorie 3 selon NF EN ISO 13849-1					
Utilisation de la catégorie 4 selon NF EN ISO 13849-1					

Attention !

Il est important de ne pas confondre le **type** d'un dispositif de commande bimanuelle avec sa **catégorie** selon NF EN ISO 13849-1. Par exemple, le type II requiert un système de commande de catégorie 3 alors qu'un type IIIA ne requiert que la catégorie 1.

7.4.4. Recommandations pour l'installation



a. Positionnement du pupitre

Disposé face à l'opérateur, le pupitre de commande bimanuelle doit être réglable en hauteur afin que l'atteinte des organes de service se fasse dans les meilleures conditions de confort possible. Les axes des boutons peuvent être orientés (incliné, vertical, horizontal) de façon à réduire au minimum les mouvements angulaires des poignets, coudes, bras (selon la norme EN 894-3).

b. Distance minimale de sécurité

Une distance de sécurité minimale **S** entre la zone dangereuse et l'organe de service le plus proche doit être respectée. Cette distance permet d'adapter le temps d'accès de la ou des mains à la zone dangereuse au temps d'arrêt de l'élément mobile dangereux. Ainsi l'opérateur ne peut pas atteindre cette zone tant que les risques mécaniques et autres subsistent.

Cette distance est calculée au moyen de la formule suivante :

$$S = 1\,600 (t_1 + t_2) + C$$

- **S** = distance de sécurité en mm (**S**_{mini} = 100 mm)
- **t1** = temps de réponse global du dispositif en secondes (donnée constructeur)
- **t2** = temps de mise à l'arrêt de la machine en secondes
- **C** = distance supplémentaire de 250 mm. Dans la mesure où lorsque le dispositif est actionné, un écran de protection adéquat empêche la pénétration dans la zone dangereuse, cette distance supplémentaire peut être nulle.

Dans le cas de dispositif de commande bimanuelle mobile, des moyens (cerceau d'éloignement, butée intégrée au poste de travail, verrouillage, etc.) doivent être mis en place afin :

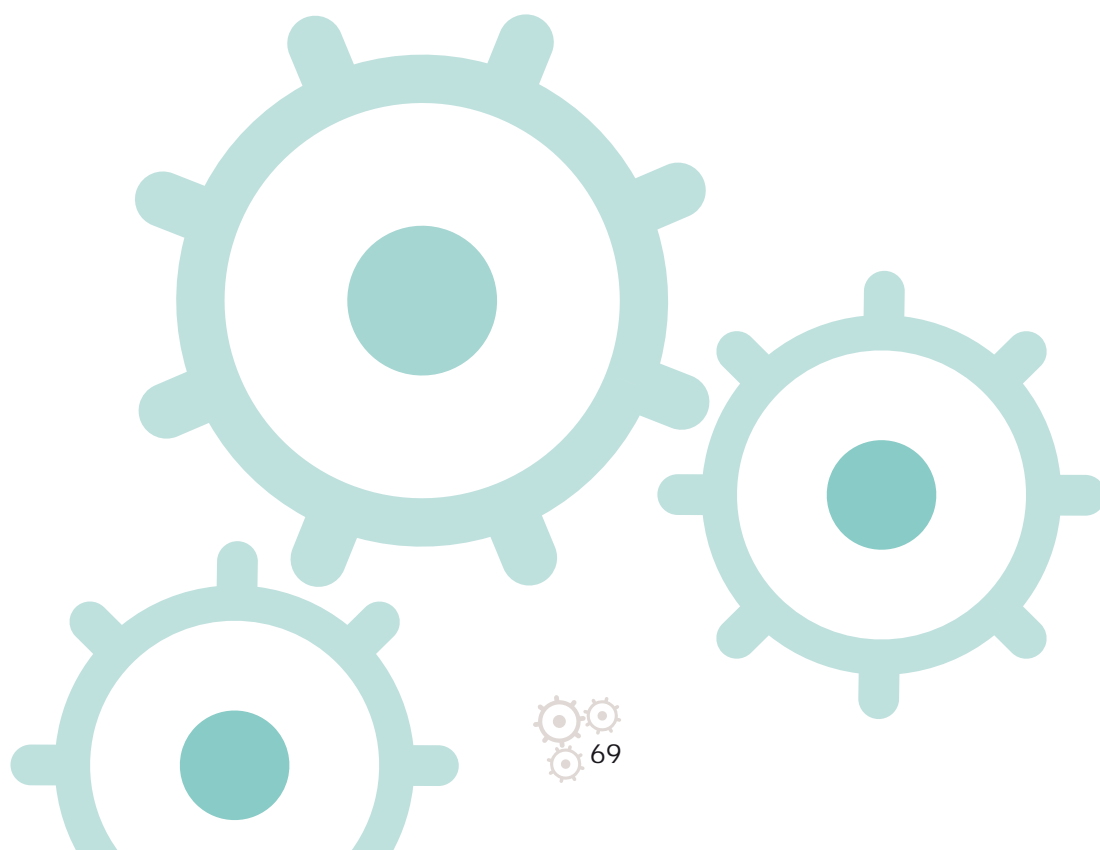
- de conserver cette distance de sécurité ;
- d'empêcher son déplacement en cours d'utilisation.

Si la machine est équipée de plusieurs dispositifs de commande bimanuelle : il ne doit y avoir aucune ambiguïté pour identifier ceux qui sont en service et ceux qui ne le sont pas (signalisation, déconnexion évidente, sélecteur à clé du nombre de pupitres, etc.).

7.4.5. Interconnexion avec la machine

Les blocs logiques ne possédant pas un contrôle du signal de sortie doivent être impérativement installés dans l'armoire de commande. Le câble de liaison doit être blindé, le blindage devant être relié à la masse par une seule de ses extrémités.

L'interconnexion avec le circuit de commande de la machine doit être effectuée en respectant le niveau de performance de sécurité requis pour la fonction de sécurité à réaliser et en respectant les consignes de raccordement du fabricant du pupitre de commande et le cas échéant celles du bloc logique associé.

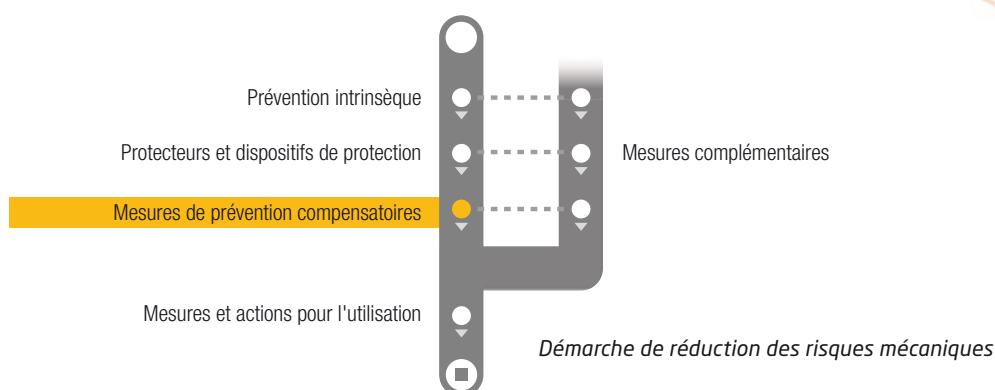


→ 7.5. Choix du type de dispositif de protection

Comparaison des équipements sensibles conçus pour la détection des personnes

	Type de protection	Commentaires	Chapitre
Cellule(s) monofaisceau	Détection du franchissement d'un ou plusieurs faisceaux délimitant la zone de danger	Associées par trois ou quatre à l'aide d'un bloc logique de sécurité <i>ad hoc</i> , elles permettent de réaliser un contrôle d'accès périphérique. Il faut alors s'assurer d'un espacement satisfaisant entre les cellules et la zone dangereuse (distance de sécurité). Une seule cellule n'est généralement pas acceptable, sauf cas particuliers. Par exemple, disposer une cellule monofaisceau 20 cm au-dessus d'un protecteur de 1 m de hauteur permet de garder une bonne vision de la zone de production tout en interdisant l'accès. Il existe sur la marché une grande variété de ces dispositifs tant au niveau des performances fonctionnelles (portée) que du niveau de sécurité (type 2, 3 ou 4 selon NF EN 61496-1).	7.3.1.c 7.3.1.d
Barrières immatérielles	Détection de présence en périphérie ou dans la zone dangereuse (protection surfacique)	En fonction de leur capacité de détection, elles peuvent être utilisées soit pour du contrôle d'accès périphérique, soit pour la protection des membres supérieurs à proximité immédiate de la zone dangereuse. Lorsque leur champ de protection ne couvre pas parfaitement tous les accès possibles vers la zone dangereuse, il faut ajouter des protections supplémentaires qui obligent l'opérateur à passer au travers du champ de protection. Elles peuvent être implantées dans un plan vertical (cas le plus fréquent) ou horizontal (plancher sensible immatériel). Certaines barrières ont des modes de fonctionnement particuliers afin de s'adapter à différents types de <i>process</i> (commande d'enchaînement de cycle, inhibition totale ou partielle du champ de détection, etc.). Il existe sur la marché une grande variété de ces dispositifs tant au niveau des performances fonctionnelles (portée, capacité de détection) qu'en termes de sécurité (type 2, 3 ou 4 selon NF EN 61496-1).	7.3.1.e 7.3.1.f
Laser à balayage	Détection de présence dans la zone dangereuse (protection surfacique)	Ces dispositifs sont bien adaptés à la protection de zones dans lesquelles l'approche de l'opérateur doit être détectée: cintreuses de tubes, chariots filoguidés, cellules robotisées, etc. En effet, leur paramétrage permet de définir avec une grande souplesse plusieurs zones de détection pour avertir, ralentir le processus ou déclencher un arrêt. Ils peuvent être implantés pour détecter dans un plan horizontal constituant ainsi un plancher sensible immatériel (cas le plus fréquent), ou vertical. Afin d'éviter des déclenchements intempestifs, la zone « balayée » doit être bien délimitée (marquage au sol par exemple). Du fait de leur principe technologique, ils peuvent également être sensibles à des perturbations optiques (fumée, vapeur, corps gras...).	7.3.1.g
Tapis, bord et barres sensibles à la pression	Détection de présence dans la zone dangereuse (protection surfacique)	Les planchers et les tapis sensibles sont très utiles pour la protection de zones étendues au sol. Lorsque leur champ de protection ne couvre pas parfaitement tous les accès possibles vers la zone dangereuse, il faut ajouter des protections supplémentaires qui obligent l'opérateur à passer au travers du champ de protection. Les bords et barres sensibles sont très utiles pour la protection contre les risques de choc et/ou d'écrasement (chariot filoguidé, porte à fermeture automatique, etc.). Les influences externes telles que les huiles de coupe, les fluides hydrauliques ou de nettoyage, les projections de déchets chauds, l'irradiation d'une source de chaleur proche peuvent être la source de pannes ou de défaillances. De même, le fonctionnement des tapis et planchers sensibles peut être perturbé par la qualité du sol sur lequel ils reposent.	7.3.2
Vision	Détection de présence dans la zone dangereuse (protection volumétrique)	Ce sont des dispositifs permettant une protection volumétrique avec la possibilité de définir avec une grande souplesse différentes zones de sécurité et d'alerte. Ils sont par définition sensibles aux conditions d'éclairage de la zone surveillée. Le niveau de sécurité et la capacité de détection dépendent principalement des algorithmes de traitement utilisés. Il y a encore peu de retour d'expérience vis-à-vis de l'utilisation de ces systèmes en sécurité des machines.	7.3.3
Ondes radios	Détection de présence dans la zone dangereuse (protection volumétrique)	Ce principe de détection est à ce jour principalement utilisé pour sécuriser des installations de broyage ou de compactage de déchets. Du fait du port d'un badge, il permet une bonne discrimination de la détection. Il est peu sensible aux perturbations climatiques, mécaniques. Par contre, la zone de détection est difficile à définir avec précision. Ce principe nécessite des mesures organisationnelles afin de s'assurer du port et du bon fonctionnement des badges qui doivent être portés par les personnes à protéger.	7.3.4
Commande bimanuelle	Maintien du corps humain hors de la zone dangereuse (éloignement)	Elles protègent les mains de l'opérateur pendant le mouvement de l'élément mobile dangereux. Elles sont adaptées notamment à la commande de machines travaillant au « coup par coup », à faible cadence et nécessitant l'intervention de l'opérateur dans la zone de travail pour des opérations de chargement et de déchargement des pièces à façonner. Elles n'assurent pas la protection des tierces personnes. Il faut alors prévoir des mesures de protection supplémentaires (protecteurs, barrières immatérielles).	7.4

8. MESURES DE PRÉVENTION COMPENSATOIRES



Les mesures de protection citées précédemment ne sont pas toujours adaptées pour le travail de production ou pour des interventions hors production. Lorsqu'un dommage potentiel subsiste, des dispositions techniques nécessitent alors d'être mises en œuvre pour l'éviter ou le limiter.

→ 8.1. Production

Certains travaux nécessitent l'intervention de l'opérateur à proximité de l'élément mobile de travail alors que la protection par protecteurs ou dispositifs de protection s'avère inadaptée pour la tâche à réaliser.

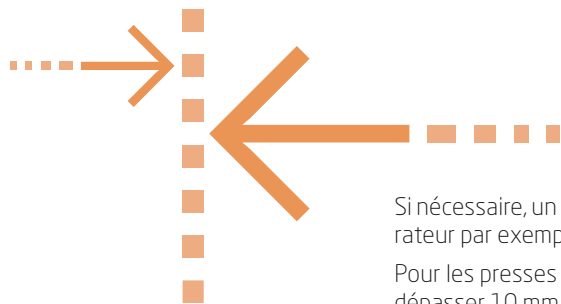
Dans ce cas, la commande du mouvement en vitesse lente à l'aide d'une commande à action maintenue est une mesure compensatoire admise. Elle ne supprime pas le risque mais elle permet d'augmenter les possibilités d'évitement et de limiter le dommage.

La « vitesse lente » retenue doit permettre l'arrêt des éléments mobiles dans un temps suffisamment bref, après le relâchement de l'organe de service, pour ne pas mettre en danger l'opérateur. D'une façon générale, il n'existe pas de vitesse minimale « standard » pour permettre l'évitement du phénomène dangereux. La vitesse admissible est en effet fonction de l'application.

Pour éviter tout phénomène de surprise, un seul élément mobile de travail doit être commandé et il ne doit pas y avoir d'enchaînement de séquences (tel qu'un mouvement de descente puis de translation par exemple).

L'organe de service de commande du mouvement nécessite que :

- l'action soit maintenue pour permettre le mouvement ;
- son relâchement arrête le mouvement afin de permettre à l'opérateur de rester maître de sa manœuvre.



Si nécessaire, un appui anormalement fort sur l'organe de commande, suite à une crispation de l'opérateur par exemple, arrête le mouvement (cas des commandes par pédales par exemple).

Pour les presses plieuses par exemple, la vitesse lente admise pour le travail à la pédale ne doit pas dépasser 10 mm/s. L'organe de service pour la commande du mouvement est une pédale capotée à trois positions (*voir chapitre 8.3*) avec différentes conditions pour la conception de cette commande (*voir NF EN 12622, ED 927 [8.1]*).

Si la machine comporte d'autres modes de commande ou de fonctionnement exigeant des mesures de protection différentes, elle doit être munie d'un sélecteur de mode de marche verrouillable dans chaque position (*voir chapitre 8.4*).

→ 8.2. Hors production

Certaines opérations nécessitent le fonctionnement de la machine alors qu'un protecteur n'est plus en position ou qu'un dispositif de protection est neutralisé. Ce mode de fonctionnement peut être nécessaire notamment dans les cas suivants :

- réglage impossible machine à l'arrêt ;
- vérification des réglages avant mise en production ;
- recherche de causes de dysfonctionnements.

Des mesures compensatoires doivent alors être mises en œuvre. Elles sont choisies en fonction de l'application.

Ces mesures ne suppriment pas totalement les risques mais autorisent la mise en œuvre de fonctions dangereuses dans des conditions de risque aussi réduit que possible.

L'accès à ce mode de fonctionnement est impérativement réservé au personnel autorisé, c'est-à-dire compétent. Cette compétence nécessite une formation spécifique et une aptitude pour le travail à effectuer.

Pour qu'il soit d'accès réservé, la machine est munie d'un sélecteur de mode de fonctionnement (*voir chapitre 8.4*).

Lors du passage dans ce mode de fonctionnement alors qu'un protecteur a été déplacé ou retiré ou qu'un dispositif de protection a été neutralisé, le sélecteur doit simultanément remplir les quatre conditions suivantes :

- désactiver tous les autres modes de commande ou de fonctionnement ;
- n'autoriser la mise en œuvre des fonctions dangereuses que par des organes de service nécessitant une action maintenue pour permettre à l'opérateur de rester maître de sa manœuvre en arrêtant le mouvement ;
- empêcher toute mise en œuvre des fonctions dangereuses par une action volontaire ou involontaire sur les capteurs de la machine ;
- n'autoriser la mise en œuvre des fonctions dangereuses que dans des conditions de risque réduit, en évitant tout danger découlant d'un enchaînement de séquences. Il s'agit par exemple de :
 - limiter les efforts exercés par les éléments en mouvement pour réduire au maximum le risque mécanique,
 - employer une vitesse réduite ou une marche par à-coups, de sorte que l'opérateur ait le temps de réagir pour se soustraire au risque et arrêter le mouvement,
 - utiliser une commande bimanuelle,
 - équiper la zone dangereuse d'une protection « locale » n'entravant pas l'intervention, au voisinage de certains éléments (outils coupants par exemple) dont le fonctionnement, même en réglage, ne s'accommode d'aucun des modes de marche cités ci-avant.

Vitesse réduite : Choisie de sorte qu'en fonction de la situation de travail l'opérateur ait la possibilité d'arrêter le mouvement dangereux suffisamment rapidement pour éviter l'accident.

Marche par à-coups : N'autorise qu'un déplacement limité pour chaque actionnement du dispositif de commande. L'amplitude de déplacement dépend de l'application, donc de l'appréciation du risque.

Si ces quatre conditions ne peuvent être remplies simultanément, d'autres mesures de protection doivent être activées pour garantir une zone de travail sûre.

Ces conditions peuvent ne pas être remplies pour des raisons d'ergonomie ou des raisons techniques telles que :

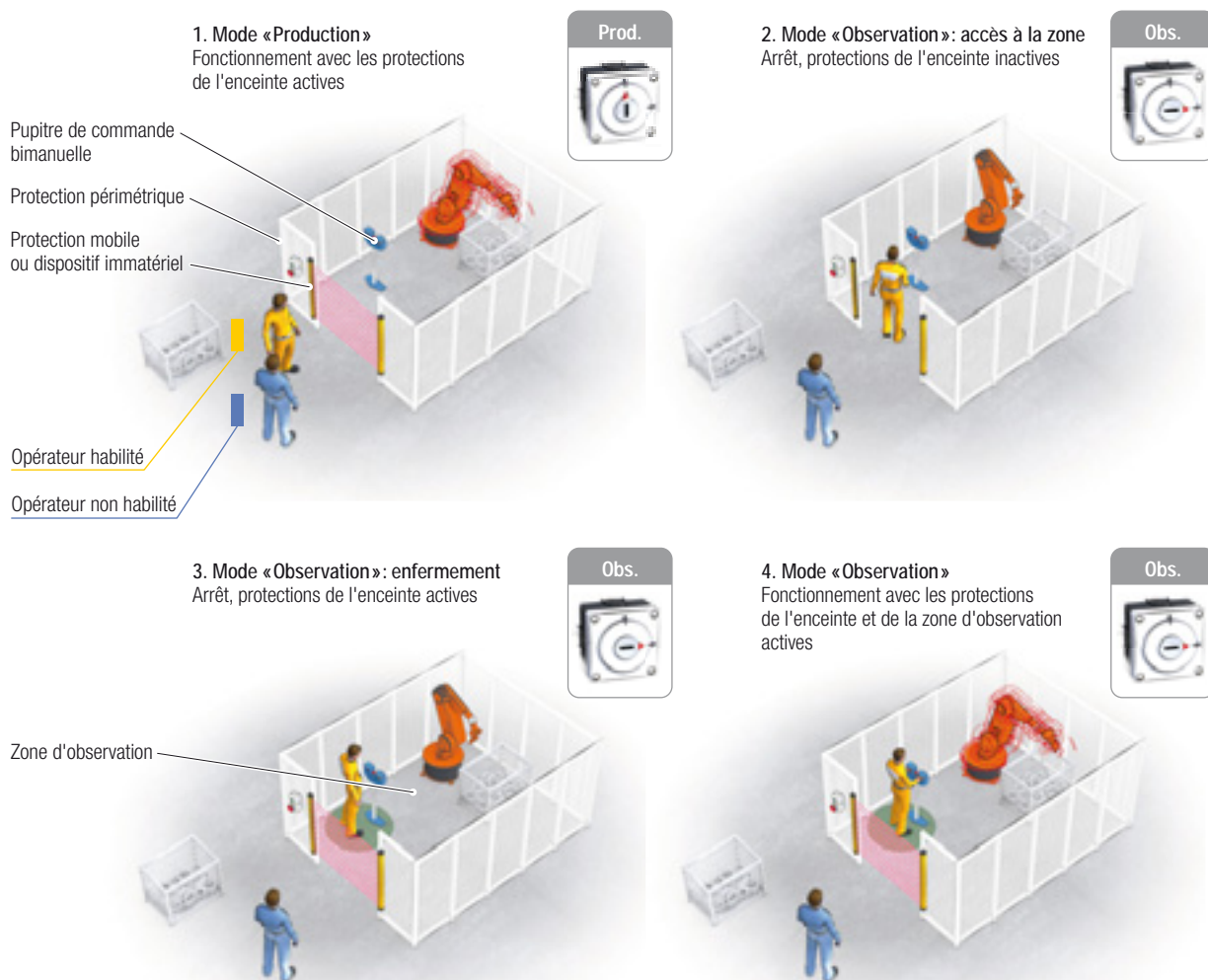
- vérification d'un processus long où on cherchera à éviter l'appui sur une commande à action maintenue pendant un temps trop important ;
- risque de dégâts en cas de relâchement accidentel de la commande à action maintenue ;
- nécessité de vérifier le réglage à vitesse normale ;
- nécessité de vérifier le bon enchaînement de séquences.

Divers cas de figure peuvent donc se présenter, des **dispositions techniques** doivent alors être mises en œuvre pour que l'opérateur ne soit pas en situation de danger.

Les dispositions techniques consisteront par exemple à définir, dans la zone d'évolution des éléments mobiles, un poste d'observation rendu sûr. Cela peut consister par exemple à activer des équipements de protection électro-sensibles délimitant la zone d'observation. Une fois en zone, l'opérateur peut alors lancer le cycle à exécuter, mais toute détection de sortie de zone se traduit alors par une mise à l'arrêt des mouvements dangereux.

Il s'agit bien de dispositions techniques à mettre en œuvre. Le renvoi à des procédures, l'affichage de consignes, le niveau de formation des opérateurs... sont des dispositions supplémentaires qui ne doivent en aucun cas se substituer aux dispositions techniques.

→ **Exemple de mise en sécurité pour l'observation du processus**
(document INRS de référence : ED 6129 [8.2])



Dans les cas 3 et 4, l'opérateur s'enferme pour éviter la pénétration de tiers. Dans cette situation, des mesures doivent être prises pour faciliter sa sortie (porte munie d'un dispositif antipanique par exemple).



Principes de mise en sécurité de l'observation d'un processus

Le principe est de pénétrer dans l'espace contrôlé³ lorsque la machine est à l'arrêt, puis de s'enfermer et de se placer dans une zone d'observation « sûre » depuis laquelle il sera possible de mettre en marche le processus. L'emplacement de la zone d'observation et le type de protection pour la sécuriser est fonction du danger et de l'observation à réaliser, par exemple :

- un ceinturage par protecteurs fixes et un accès à la zone d'observation par protecteur mobile et/ou dispositifs de protection pour détecter une sortie de zone ;
- un organe de service fixe à action maintenue implanté de façon à éloigner l'opérateur : d'un simple bouton poussoir à une commande bimanuelle selon les risques et les besoins d'observation.

Exemple 1. Vitesse lente et commande à action maintenue

Pour vérifier une trajectoire pour la commande en mode apprentissage d'un robot de soudure par points, une vitesse lente maxi de 250 mm/s est généralement jugée acceptable si l'opérateur est éloigné de plus de 2 m de la zone dangereuse, alors qu'elle n'excédera pas quelques mm/s si l'opérateur est à proximité immédiate.

Exemple 2. Marche par à-coups

Dans le cas de réglage pour l'introduction d'une bande de tôle sur une presse mécanique par exemple, celui-ci s'effectue avec un fonctionnement de la machine par à-coups. Le mouvement du coulisseau doit être suffisamment petit pour qu'il ne génère pas de situation dangereuse. Il ne doit pas excéder 6 mm par à-coup, le vilebrequin étant à 90° (voir paragraphe 5.5.11 de la norme NF EN 692 pour les autres conditions).

→ 8.3. Dispositifs de commande à action maintenue

La commande à action maintenue peut être constituée d'un organe de service type bouton poussoir. Des dispositions doivent être prises pour éviter les manœuvres intempestives (bouton encastré, collerette de protection autour du bouton, nécessité d'actionner un dispositif de validation, etc.).

Pour certaines applications, des organes de service de type pédale ou poignée de commande sont conçus de sorte qu'un appui anormalement fort, suite à une crispation de l'opérateur par exemple, arrête le mouvement.

Les pédales comportant trois positions, dont une seule autorise le mouvement, sont à privilégier.

L'organe de service a les positions suivantes :

- 1^{re} position : arrêt ;
- 2^e position : marche ;
- 3^e position : arrêt.

Après avoir appuyé, au-delà de la deuxième position (position de commande de mouvement d'éléments mobiles par exemple), le passage en troisième position provoque un arrêt. Le relâchement de l'organe de service pour revenir dans la première position (après passage en deuxième position) doit interdire tout redémarrage. La reprise du fonctionnement ne peut alors s'effectuer qu'après une action de réarmement.

Exemple de dispositif de commande à action maintenue : pédale de commande



³. Espace défini par les dispositifs de protection périmétrique.

La troisième position est très utile car, en présence d'un danger, le réflexe de l'opérateur peut être de relâcher ou d'enfoncer (mouvement de crispation) l'organe de service: dans les deux cas, son action provoque immédiatement une commande d'arrêt.

Selon l'analyse des risques, après un arrêt correspondant à la troisième position, une commande spécifique clairement identifiée peut permettre de dégager rapidement la victime.

Lorsque le dispositif de commande à action maintenue est une pédale, la force requise pour atteindre la troisième position ne doit pas dépasser 350 N (selon la norme EN 12622, paragraphe 5.1.1.6).

Le fonctionnement de tels dispositifs peut être schématisé comme suit:



- ❶ Organe de service relâché = arrêt
- ❷ Organe de service actionné jusqu'à la position médiane (point dur) = autorisation de marche
- ❸ Organe de service enfoncé = arrêt ou arrêt d'urgence

→ 8.4. Sélecteur

Les modes de fonctionnement ou de commande dont les niveaux de sécurité sont différents ne doivent être sélectionnés que par le personnel autorisé. Pour cela, il peut être utilisé des sélecteurs à clé ou d'autres moyens d'accès réservé tels des codes sur les machines à commande numérique.

Chaque position, clairement identifiée, doit correspondre à un seul mode de commande ou de fonctionnement. Cette disposition permet de limiter l'utilisation de certains modes aux seules personnes autorisées.

Une fois le mode sélectionné, le changement de mode ne doit pouvoir s'effectuer que par le même personnel autorisé. La clé doit donc pouvoir être extraite du sélecteur pour verrouiller en position chaque mode. Des dispositions équivalentes doivent être prises s'agissant de codes d'accès.

L'indication du mode de marche doit être fournie sur le sélecteur, complétée de préférence par une signalisation lumineuse.



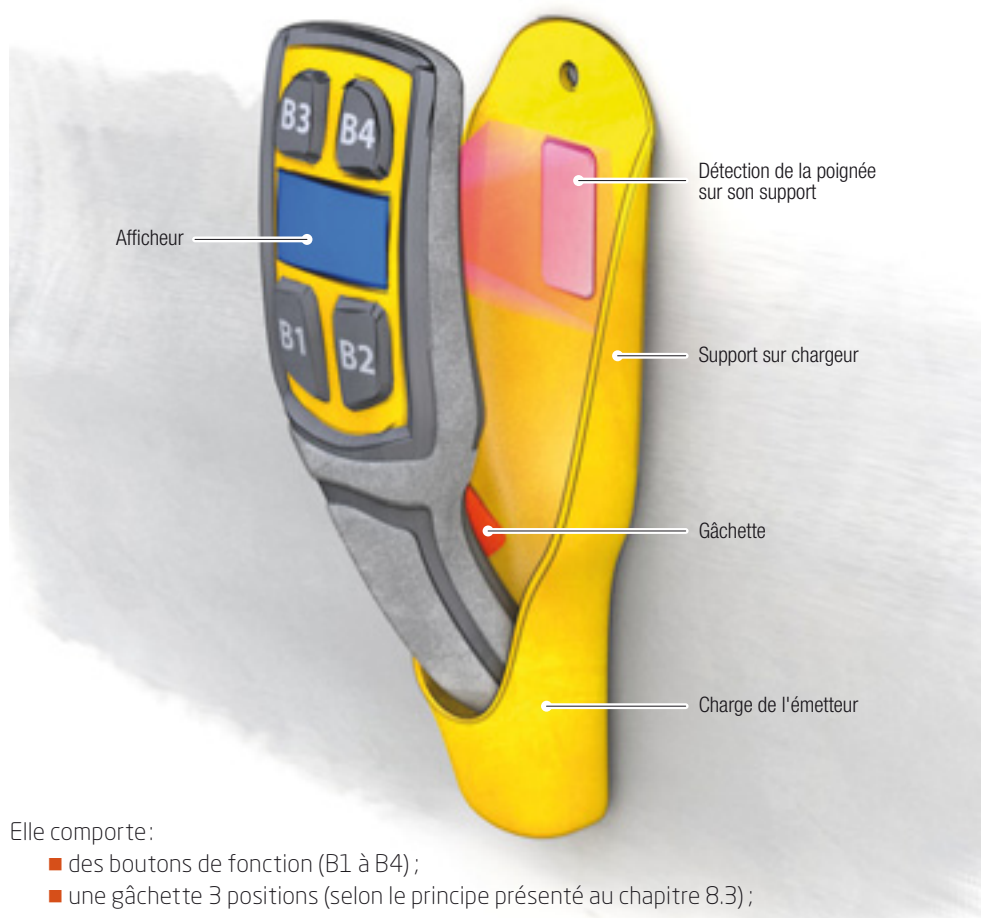
→ 8.5. Dispositif de validation

Un dispositif de validation est un dispositif de commande manuelle supplémentaire (gâchette par exemple) qui, lorsqu'il est actionné de façon continue, permet à une machine de fonctionner conjointement avec une commande de mise en marche (selon NF EN ISO 12100-1).

Il est recommandé de choisir un dispositif de type à trois positions selon le mode de fonctionnement décrit au chapitre 8.3. Dans ce cas, seul le passage de la position 1 à la position 2 doit autoriser un fonctionnement par appui sur une autre commande. Toute autre position du dispositif de validation doit arrêter ou empêcher le fonctionnement.

Sa conception et son installation doivent minimiser les possibilités de neutralisations, par exemple en imposant le relâchement du dispositif avant de commander un nouveau mouvement.

Exemple de poignée munie d'un dispositif de validation (gâchette)



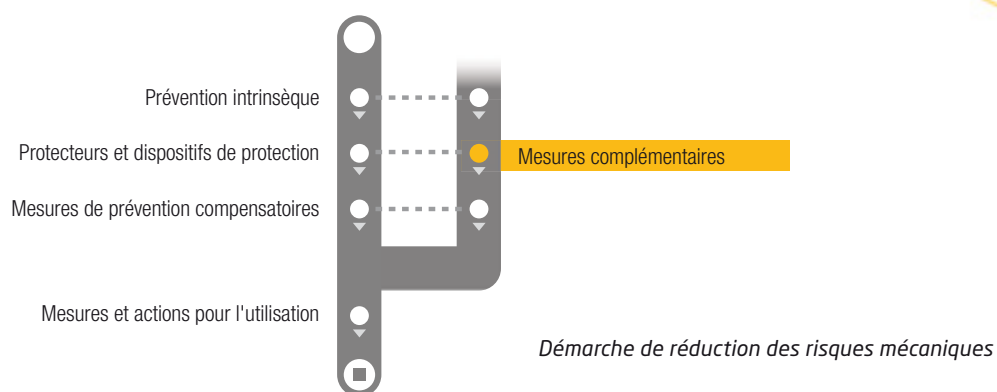
Elle comporte :

- des boutons de fonction (B1 à B4) ;
- une gâchette 3 positions (selon le principe présenté au chapitre 8.3) ;
- un afficheur.

Cette poignée sans fil fonctionne par liaison radio et permet ainsi des interventions aisées.

L'action sur la gâchette permet de commander le mouvement désiré à l'aide des boutons de fonction : par exemple, marche avant pour B1 et marche arrière pour B2.

9. MESURES COMPLÉMENTAIRES



Les **mesures de prévention complémentaires** suivantes peuvent devoir être mises en œuvre en fonction de l'analyse des risques :

- les dispositifs d'arrêt d'urgence ;
- les mesures qui permettent à des personnes risquant d'être emprisonnées de s'échapper ;
- les dispositions relatives à la consignation des énergies pour la maintenance ;
- les dispositions pour la manutention des machines et de leurs éléments lourds ;
- les moyens d'accès ;
- etc.

Les dispositifs d'arrêt d'urgence sont développés au chapitre 9.1.

Les dispositions relatives à la consignation des énergies sont développées dans la brochure ED 6109 [9.1]. Pour les autres mesures, se référer à la norme NF EN ISO 12100.

→ 9.1. Arrêt d'urgence

Les équipements de travail⁴ doivent être munis d'un ou de plusieurs dispositifs d'arrêt d'urgence.

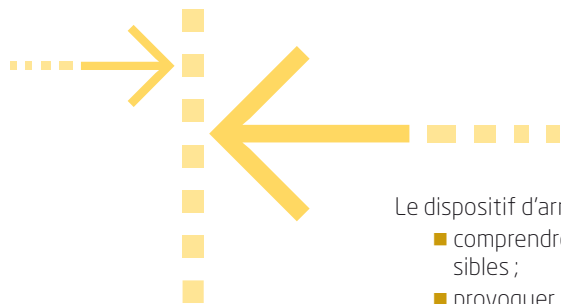
Ces dispositifs ne doivent pas se substituer aux autres mesures de protection, mais venir à leur appui. Ils constituent des mesures complémentaires pour éviter des situations dangereuses en train de se produire ou imminentes. Ils ne doivent pas compromettre l'efficacité des dispositifs assurant d'autres fonctions de sécurité.

Pour plus de précisions sur la fonction d'arrêt d'urgence se référer à la norme NF EN ISO 13850.

⁴. Sont exclues de cette obligation :

— les machines pour lesquelles un dispositif d'arrêt d'urgence ne réduirait pas le risque, soit parce qu'il ne diminuerait pas le temps nécessaire pour obtenir l'arrêt, soit parce qu'il ne permettrait pas de prendre les mesures particulières requises pour faire face au risque ;

— les machines portatives tenues et/ou guidées à la main.



Le dispositif d'arrêt d'urgence doit :

- comprendre des organes de service clairement identifiables, bien visibles et rapidement accessibles ;
- provoquer l'arrêt du processus dangereux aussi rapidement que possible, sans créer de risque supplémentaire ;
- au besoin, déclencher ou permettre de déclencher certains mouvements de protection, sauvegarde, libération..., et maintenir des fonctions utiles (avertisseur sonore, ventilation, éclairage...) : dans ce cas l'action sur l'arrêt d'urgence doit maintenir les énergies nécessaires pour permettre ces mouvements et fonctions utiles.

Lorsqu'on cesse d'actionner le dispositif d'arrêt d'urgence après avoir donné un ordre d'arrêt, cet ordre doit être maintenu par un enclenchement du dispositif d'arrêt d'urgence jusqu'à ce que celui-ci soit expressément désactivé ; il ne doit pas être possible d'enclencher le dispositif sans actionner une commande d'arrêt ; la désactivation du dispositif ne doit pouvoir être obtenue que par une action appropriée et elle ne doit pas avoir pour effet de remettre la machine en marche mais seulement d'autoriser un redémarrage.

La fonction d'arrêt d'urgence doit être disponible et opérationnelle à tout moment, quel que soit le mode opératoire.

→ 9.2. Appareils d'arrêt d'urgence (d'après NF EN ISO 13850 et NF EN 60947-5-5)

Un appareil d'arrêt d'urgence est un organe de service manœuvré manuellement et utilisé pour déclencher une fonction d'arrêt d'urgence.

Il doit être conçu pour être actionné facilement par l'opérateur et les autres personnes qui ont besoin de le manœuvrer.

Les types d'organes de service pouvant être utilisés comprennent :

- les boutons poussoirs de type champignon ;
- les câbles, câblettes, les barres ;
- les poignées ;
- les pédales sans capot de protection pour des applications particulières.

L'appareil d'arrêt d'urgence doit être de couleur rouge. Si un fond existe derrière l'appareil d'arrêt d'urgence et si cela est réalisable, celui-ci doit être de couleur jaune.

Utilisation de câbles ou câblettes comme organes de service

Lorsque des câbles ou des câblettes sont utilisés comme organes de service d'arrêt d'urgence, ils doivent être conçus et positionnés de façon à faciliter leur utilisation. Il faut pour cela prendre en compte :

- la flèche nécessaire pour générer l'ordre d'arrêt d'urgence ;
- la flèche maximale possible ;
- la distance minimale entre le câble ou la câblette et l'objet le plus proche situé au voisinage ;
- la visibilité du câble ou de la câblette pour les opérateurs ;
- la force à appliquer et sa direction par rapport au câble ou à la câblette pour actionner l'appareil d'arrêt d'urgence.

Remarque

Lorsqu'il est probable que la manœuvre sera exécutée en tirant le câble selon son axe, il est nécessaire de s'assurer que la traction sur le câble dans une direction quelconque provoquera l'ordre d'arrêt d'urgence.

Des mesures doivent être prises pour éviter les phénomènes dangereux engendrés par la rupture ou le décrochage du câble ou de la câblette.

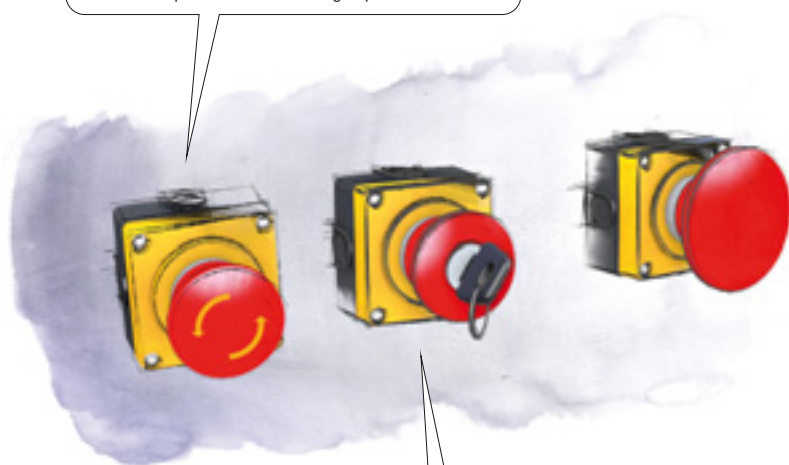
Il convient que les moyens de réarmement de l'appareil d'arrêt d'urgence soient placés de sorte que toute la longueur du câble ou de la câblette soit visible à partir de l'endroit où sont situés ces moyens.

Les instructions pour l'utilisation doivent mentionner qu'après actionnement et avant réarmement, la machine doit être inspectée sur toute la longueur du câble ou de la câblette afin de déterminer la raison de l'ordre d'arrêt.

→ Exemples d'organes de service d'arrêt d'urgence

Boutons d'arrêt d'urgence

Bouton d'arrêt d'urgence avec indication du sens de rotation pour son déverrouillage après actionnement.



Bouton d'arrêt d'urgence de gros diamètre (60 ou 80 mm).
Disposé à chaque poste de travail, il permet par exemple l'arrêt d'urgence général d'une ligne de production.
Il peut être associé à des boutons de plus faible diamètre (40 mm) destinés à l'arrêt de zones spécifiques.
Dans un tel cas de figure, des repérages de zone et des identifications appropriés doivent être à même d'éviter toute ambiguïté sur les éléments mis à l'arrêt en cas d'actionnement d'un arrêt d'urgence de zone, ou d'un arrêt d'urgence général.

Bouton d'arrêt d'urgence nécessitant une clé pour son déverrouillage.

Cette disposition permet au détenteur de la clé (chef d'atelier par exemple) de connaître la cause de l'arrêt afin de remédier à un dysfonctionnement par exemple. Après déverrouillage, la clé doit être retirée.

Câbles

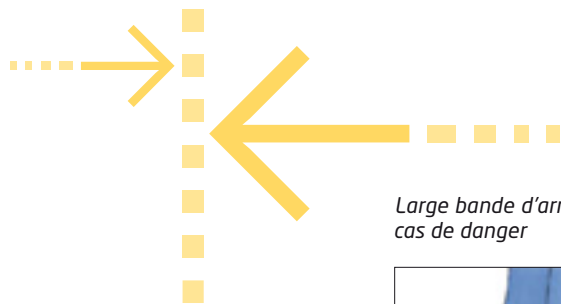
Les paramètres suivants doivent être pris en considération lorsque des câbles sont utilisés comme organes de service :

- la flèche du câble et l'effort nécessaire pour déclencher le signal d'arrêt d'urgence ;
- la flèche maximale possible ;
- l'espace libre entre le câble et l'environnement proche.

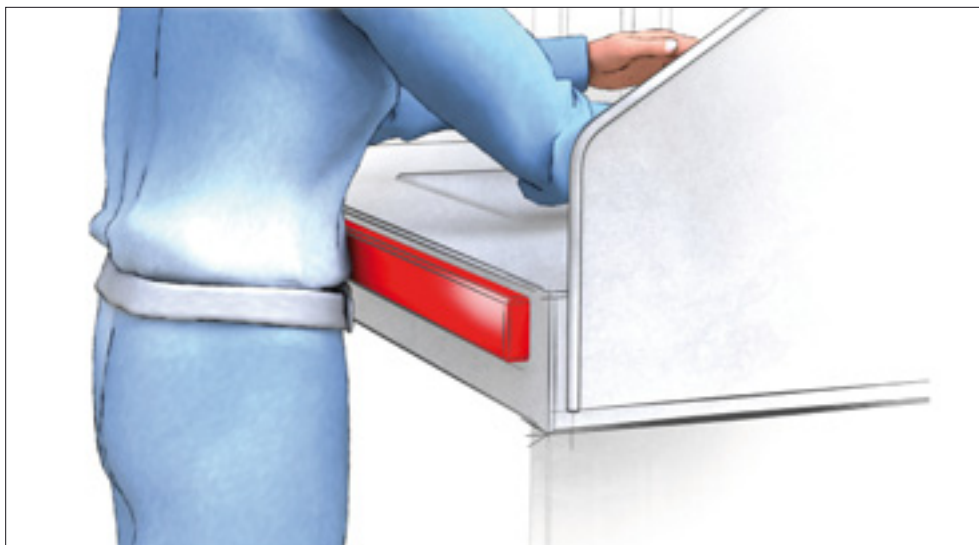
En cas de rupture ou de décrochage du câble, l'ordre d'arrêt d'urgence doit être délivré automatiquement.

Ce type d'organe de service est utilisé sur des installations de grand dimensionnement telles que les machines transferts ou les bandes transporteuses.





Large bande d'arrêt d'urgence au niveau de la table d'entrée pour un arrêt immédiat de la machine en cas de danger



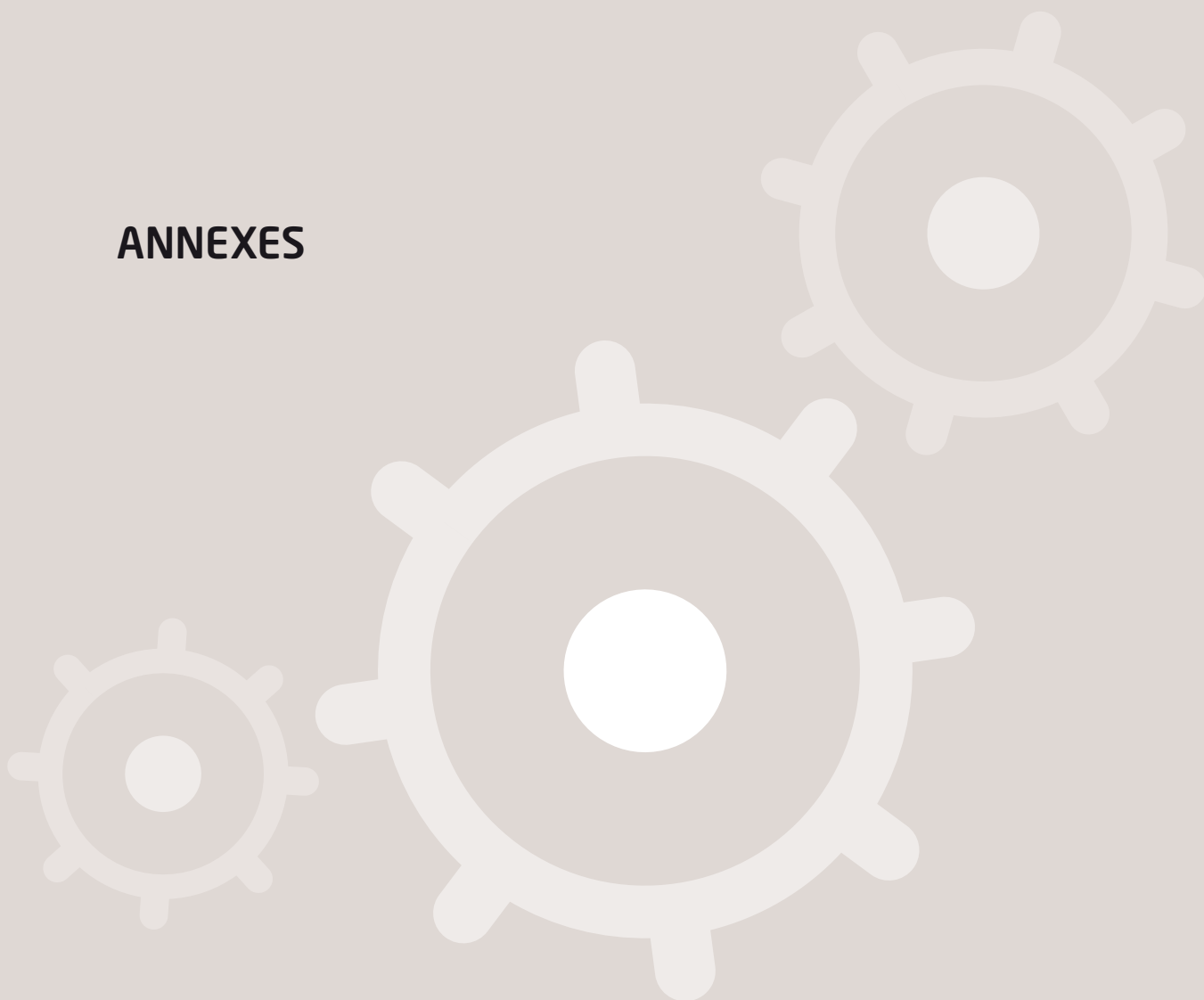
Système d'arrêt d'urgence radio

Cet arrêt d'urgence permet d'assurer la sécurité du personnel intervenant en zone dangereuse, dans les applications suivantes :

- intervention en zone dangereuse en mode automatique surveillé sur machines mobiles ;
- intervention en mode manuel pour réglage et maintenance de machines mobiles, rotatives, centre d'usinage ou chaîne de fabrication automatisée ;
- intervention sur assemblage de pièces demandant des commandes précises et, en cas de problème, un arrêt immédiat de la machine.



ANNEXES



→ 1. Normes citées dans le document

Référence	Indice de classement	Date	Titre
NF EN 81-1+A3	P82-210	03/2010	Règles de sécurité pour la construction et l'installation des ascenseurs – Partie 1 : Ascenseurs électriques
NF EN 349+A1	E09-011	08/2008	Sécurité des machines – Écartements minimaux pour prévenir les risques d'écrasement de parties du corps humain
NF EN 547-1 à 3+A1	X35-107-1 à 3	11/2008	Sécurité des machines – Mesures du corps humain
NF EN 574+A1	E09-037	08/2008	Sécurité des machines – Dispositifs de commande bimanuelle – Aspects fonctionnels – Principes de conception
NF EN 620	H95-115	10/2002	Équipements et systèmes de manutention continue – Prescriptions de sécurité et de CEM pour les transporteurs à courroie fixes pour produits en vrac
NF EN 953+A1	E09-060	05/2009	Sécurité des machines – Protecteurs – Prescriptions générales pour la conception et la construction des protecteurs fixes et mobiles
NF EN 1088+A2	E09-051	10/2008	Sécurité des machines – Dispositifs de verrouillage associés à des protecteurs – Principes de conception et de choix
NF EN 1672-2+A1	U60-011-2	05/2009	Machines pour les produits alimentaires – Notions fondamentales – Partie 2 : Prescriptions relatives à l'hygiène
NF EN ISO 12100	E09-001	12/2010	Sécurité des machines – Principes généraux de conception – Appréciation du risque et réduction du risque
NF EN 12622	E63-022	01/2010	Sécurité des machines-outils – Presses plieuses hydrauliques
NF EN ISO 13849-1	E09-025-1	10/2008	Sécurité des machines – Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité – Partie 1 : Principes généraux de conception
NF EN ISO 13850	E09-053	09/2008	Sécurité des machines – Arrêt d'urgence – Principes de conception
NF EN ISO 13855	E09-052	08/2010	Sécurité des machines – Positionnement des moyens de protection par rapport à la vitesse d'approche des parties du corps
ISO 13856-1		08/2001	Sécurité des machines – Dispositifs de protection sensibles à la pression – Partie 1 : Principes généraux de conception et d'essai des tapis et planchers sensibles à la pression

Référence	Indice de classement	Date	Titre
NF EN 1760-1+A1			Sécurité des machines – Dispositifs de protection sensibles à la pression – Partie 1 : Principes généraux de conception et d'essai des tapis et planchers sensibles à la pression
NF EN 1760 -2+A1			Sécurité des machines – Dispositifs de protection sensibles à la pression – Partie 2 : Principes généraux de conception et d'essais des bords et barres sensibles à la pression
NF EN 1760-3+A1			Sécurité des machines – Dispositifs de protection sensibles à la pression – Partie 3 : Principes généraux de conception et d'essai des pare-chocs, plaques, câbles et dispositifs analogues sensibles à la pression
NF EN ISO 13857	E09-010	06/2008	Sécurité des machines – Distances de sécurité empêchant les membres supérieurs et inférieurs d'atteindre les zones dangereuses
NF EN ISO 14122-1 à 4 (et A1)	E85-001 à E85-004 (et A1)	2010	Sécurité des machines – Moyens d'accès permanents aux machines
NF EN 50205	C45-330	12/2002	Relais de tout ou rien à contacts guidés (liés)
NF EN 60204-1 (et A1)	C79-130 (et A1)	05/2009	Sécurité des machines – Équipement électrique des machines – Partie 1 : Règles générales
NF EN 60947-5-1 (et A1)	C63-146 (et A1)	08/2009	Appareillage à basse tension – Partie 5-1 : Appareils et éléments de commutation pour circuits de commande – Appareils électromécaniques pour circuits de commande
NF EN 60947-5-5	C63-148/A1	08/2005	Appareillage à basse tension – Partie 5-5 : Appareils et éléments de commutation pour circuits de commande – Appareil d'arrêt d'urgence électrique à accrochage mécanique
NF EN 61496-1 (et A1)	C79-151 (et A1)	12/2008	Sécurité des machines – Équipements de protection électro-sensibles – Partie 1 : Prescriptions générales et essais
CEI 61508		04/2010	Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité
NF EN 62061	C79-170	07/2005	Sécurité des machines – Sécurité fonctionnelle des systèmes de commande électriques, électroniques et électroniques programmables relatifs à la sécurité
NF EN 62079	C03-260	09/2001	Établissement des instructions – Structure, contenu et présentation
NF EN 62262	C20-015	04/2004	Degrés de protection procurés par les enveloppes de matériels électriques contre les impacts mécaniques externes (code IK)

NF EN + n° = norme européenne transposée comme norme nationale

ISO + n° = norme internationale dans un domaine autre qu'électrique ou électronique

CEI + n° = norme internationale dans un domaine électrique ou électronique

→ 2. Références bibliographiques

Chapitre 1

Directive «Machines» 2006/42/CE du 17/05/2006 (JOUE n° L 157 du 9/6/2006) modifiée par la directive 2009/127/CE du 21/10/2009 (JOUE n° L 310 du 25/11/2009).

Chapitre 2

- [2.1] *Conception des équipements de travail et des moyens de protection*, INRS, ED 804.
- [2.2] *Sécurité des machines et des équipements de travail. Circuits de commande et de puissance. Principes d'intégration des exigences de sécurité*, INRS, ED 913.
- [2.3] *Aborder la norme NF EN ISO 13849-1 via la conception d'une fonction de sécurité basique*, INRS, NS 302.

Chapitre 4

- [4.2] *Prévention des risques mécaniques, solutions pratiques*, AISS.

Chapitre 7

- [7.1] *Composants de sécurité dans le cadre de la directive Machines — 98/37/CE. Statut juridique et implications pour les fabricants et les utilisateurs*, INRS, PR 18.
- [7.2] *Les machines neuves «CE»*, INRS, ED 54.
- [7.3] *Passage des charges palettisées. Contrôle de l'accès de personnes*, INRS, ED 90.
- [7.4] *Barrière immatérielle. Enchaînement des cycles par désoccultation*, INRS, ED 114.
- [7.5] *Dispositifs de protection par vision. Analyse paramétrique de descripteurs d'images permettant de détecter les altérations d'une texture connue (mire)*, INRS, NS 249.
- [7.6] *Détection de personnes en zone dangereuse. Apports et difficultés de la vision industrielle*, INRS, ND 2175.
- [7.7] *Détection de personnes par des techniques de vision numérique : possibilités et limites*, INRS, ND 2276.
- [7.8] *La détection de personnes par des ondes radioélectriques sur convoyeurs de matières non métalliques*, INRS, ND 2232.

Chapitre 8

- [8.1] *Presses plieuses hydrauliques pour le travail à froid des métaux. Amélioration de la sécurité sur les machines en service dans le cadre de leur rénovation. Spécifications techniques à l'usage des utilisateurs, des préventeurs et des rénovateurs*, INRS, ED 927.
- [8.2] *Sécurité des machines. Modes de fonctionnement protections neutralisées*, INRS, ED 6129.

Chapitre 9

- [9.1] *Consignations et déconsignations*, INRS, ED 6109.



CONCEVOIR DES MACHINES SÛRES... ... OU METTRE À NIVEAU SON PARC MACHINES

Tous les textes juridiques et techniques qui font référence en Europe
Pour permettre un accès pratique à cet ensemble de référence, l'AFNOR
publie en collaboration avec l'UNM un recueil sous forme de CD-Rom.

Soyez conforme à la nouvelle directive « Machines » !

La directive « Machines » a donné naissance
à un grand programme d'élaboration de normes
dont la structure et la hiérarchie visent
à faciliter la production de documents de qualité.

Vous disposerez donc sur un seul CD-Rom :

-  des textes réglementaires européens français ;
-  du corpus normatif relatif :
 - aux normes générales,
 - aux systèmes de commande, distances de sécurité, dispositifs de protection, prévention des explosions et de l'incendie,
 - à l'ergonomie,
 - aux émissions : bruit, rayonnements, substances dangereuses, vibrations.

Principalement destiné aux fabricants, comme document de base pour la conception des machines, ainsi qu'aux utilisateurs, comme un outil d'aide précieux pour appréhender le risque « machines », il constitue également un document indispensable aux rédacteurs et experts français investis dans l'élaboration des normes verticales par grand type de machines, dites de type « C ».

En acquérant dès à présent la mise à jour de ce recueil, vous disposerez de tous les éléments pour vous préparer à la mise en œuvre de la nouvelle directive.

Réf. : 305 09 61 cd, ISBN : 978-2-12-050961-8,
CD-Rom 2011

Sommaire

- 1 Réglementation**
 - 1.1** Réglementation européenne
 - 1.2** Réglementation française
- 2 Normalisation**
 - 2.1** Normes générales
 - 2.1.1** Présentation de la normalisation
 - 2.1.2** Normes fondamentales
 - 2.1.3** Équipement électrique
 - 2.1.4** Exigences relatives à l'hygiène
 - 2.1.5** Accès aux machines
 - 2.2** Systèmes de commande, distances de sécurité, dispositifs de protection, prévention des explosions et de l'incendie
 - 2.2.1** Systèmes de commande
 - 2.2.2** Distances de sécurité
 - 2.2.3** Dispositifs de protection
 - 2.2.4** Prévention et protection contre l'incendie
 - 2.3** Ergonomie
 - 2.3.1** Principes de conception
 - 2.3.2** Performance physique humaine
 - 2.3.3** Signalisation de danger
 - 2.3.4** Éclairage
 - 2.4** Émissions : bruit, substances dangereuses, rayonnements, vibrations
 - 2.4.1** Bruit
 - 2.4.2** Substances dangereuses
 - 2.4.3** Rayonnements
 - 2.4.4** Vibrations

Les normes sont susceptibles
d'être révisées
pour tenir compte de l'évolution
de la technique.
Pensez à utiliser la dernière
édition, le numéro
restant inchangé.

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

Services Prévention des Carsat et des Cram

Carsat ALSACE-MOSELLE

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

(57 Moselle)
3 place du Roi-George
BP 31062
57036 Metz cedex 1
tél. 03 87 66 86 22
fax 03 87 55 98 65
www.carsat-alsacemoselle.fr
(68 Haut-Rhin)
11 avenue De-Lattre-de-Tassigny
BP 70488
68018 Colmar cedex
tél. 03 88 14 33 02
fax 03 89 21 62 21
www.carsat-alsacemoselle.fr

Carsat AQUITAINE

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

Carsat AUVERGNE

(03 Allier, 15 Cantal, 43 Haute-Loire,
63 Puy-de-Dôme)
48-50 boulevard Lafayette
63058 Clermont-Ferrand cedex 1
tél. 04 73 42 70 76
fax 04 73 42 70 15
preven.carsat@orange.fr
www.carsat-auvergne.fr

Carsat BOURGOGNE et FRANCHE-COMTÉ

(21 Côte-d'Or, 25 Doubs, 39 Jura,
58 Nièvre, 70 Haute-Saône,
71 Saône-et-Loire, 89 Yonne,
90 Territoire de Belfort)
ZAE Cap-Nord, 38 rue de Cracovie
21044 Dijon cedex
tél. 08 21 10 21 21
fax 03 80 70 52 89
prevention@carsat-bfc.fr
www.carsat-bfc.fr

Carsat BRETAGNE

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

Carsat CENTRE

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

Carsat CENTRE-OUEST

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

Cram ÎLE-DE-FRANCE

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

Carsat LANGUEDOC-ROUSSILLON

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

Carsat MIDI-PYRÉNÉES

(09 Ariège, 12 Aveyron, 31 Haute-Garonne,
32 Gers, 46 Lot, 65 Hautes-Pyrénées,
81 Tarn, 82 Tarn-et-Garonne)
2 rue Georges-Vivent
31065 Toulouse cedex 9
tél. 0820 904 231 (0,118 €/min)
fax 05 62 14 88 24
doc.prev@carsat-mp.fr
www.carsat-mp.fr

Carsat NORD-EST

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

Carsat NORD-PICARDIE

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

Carsat NORMANDIE

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

Carsat PAYS DE LA LOIRE

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

Carsat RHÔNE-ALPES

(01 Ain, 07 Ardèche, 26 Drôme, 38 Isère,
42 Loire, 69 Rhône, 73 Savoie,
74 Haute-Savoie)
26 rue d'Aubigny
69436 Lyon cedex 3
tél. 04 72 91 96 96
fax 04 72 91 97 09
preventionrp@carsat-ra.fr
www.carsat-ra.fr

Carsat SUD-EST

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

Services Prévention des CGSS

CGSS GUADELOUPE

Immeuble CGRR, Rue Paul-Lacavé, 97110 Pointe-à-Pitre
tél. 05 90 21 46 00 – fax 05 90 21 46 13
lina.palmont@cgss-guadeloupe.fr

CGSS GUYANE

Espace Turenne Radamonthe, route de Raban,
BP 7015, 97307 Cayenne cedex
tél. 05 94 29 83 04 – fax 05 94 29 83 01

CGSS LA RÉUNION

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

CGSS MARTINIQUE

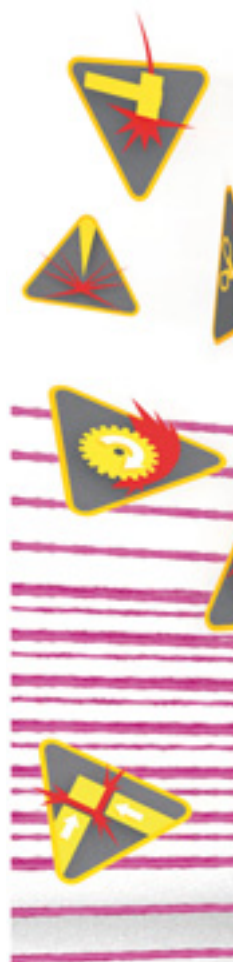
Quartier Place-d'Armes, 97210 Le Lamentin cedex 2
tél. 05 96 66 51 31 et 05 96 66 51 32 – fax 05 96 51 81 54
prevention972@cgss-martinique.fr
www.cgss-martinique.fr

Ce document traite des mesures de prévention contre les risques mécaniques.

Il a pour objet de faciliter leur choix. Il présente des exemples de moyens de protection connus à ce jour, dont on peut s'inspirer pour supprimer ou réduire les risques mécaniques engendrés par les machines.

Les deux premiers chapitres de ce recueil reprennent les principales définitions et résument la démarche à suivre pour le choix des mesures de prévention.

Les troisième et quatrième chapitres sont dédiés à l'identification des phénomènes dangereux et aux mesures de prévention intrinsèque. Les chapitres suivants permettent l'aide au choix des mesures de prévention.



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

Édition INRS ED 6122

1^{re} édition (2012) • réimpression juillet 2013 • 5 000 ex. • ISBN 978-2-7389-2002-7

