



Sécurité des machines

GUIDE – PROTECTEURS FIXES ET DISTANCES DE SÉCURITÉ

PRÉVENTION DES RISQUES MÉCANIQUES

Ce document est réalisé par la Direction générale de la gouvernance et du conseil stratégique en prévention en collaboration avec la Direction générale des communications de la CNESST et l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST).

Illustrations :

Steve Bergeron

Les extraits de normes figurant dans cet ouvrage sont reproduits avec l'accord d'AFNOR. Seul le texte original et complet de la norme telle qu'elle est diffusée par AFNOR – au www.afnor.org – a valeur normative.

Certains passages de ce guide sont tirés ou adaptés des normes *ISO 14120:2015, Sécurité des machines – Protecteurs – Prescriptions générales pour la conception et la construction des protecteurs fixes et mobiles*, *ISO 13857:2019, Sécurité des machines – Distances de sécurité empêchant les membres supérieurs et inférieurs d'atteindre les zones dangereuses* et *ISO 12100:2010, Sécurité des machines – Principes généraux de conception – Appréciation du risque et réduction du risque*. Ces derniers sont copiés par la CNESST avec la permission du Conseil canadien des normes (CCN) au nom de l'ISO. Vous pouvez vous procurer ces normes auprès d'un membre de l'ISO de votre pays ou dans la boutique en ligne de l'ISO. L'ISO conserve les droits d'auteur.

Avec la permission de l'Association canadienne de normalisation (faisant affaire sous le nom de Groupe CSA), 178, boulevard Rexdale, Toronto (ON) M9W 1R3, un passage de ce guide est tiré de la norme du Groupe CSA, *CSA Z432- F16 (C2021), Protection des machines*. Il ne constitue pas la position totale et officielle du Groupe CSA sur le sujet laquelle position n'est exprimée que dans la Norme complète. Bien que l'utilisation du matériel ait été autorisée, le Groupe CSA n'est pas responsable de la façon dont les données sont présentées ou de toutes déclarations ou interprétations. Aucune autre reproduction de la Norme n'est autorisée. Pour obtenir plus d'information ou pour acheter des normes et d'autres produits du Groupe CSA, veuillez visiter csagroup.org/fr/store/ ou composer le 1 800 463-6727.

L'impression ou la présentation à l'écran de ce document sont autorisées pour un usage personnel ou pour un usage non commercial dans un contexte de formation ou d'information. Il est interdit de le modifier ou d'en extraire les photographies, les illustrations ou le logo de la CNESST. Pour toute autre situation, veuillez nous écrire à droitdauteur@cnesst.gouv.qc.ca.

© Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail, 2023

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2023

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives Canada, 2023

ISBN : 978-2-550-96411-7 (PDF)

Décembre 2023

Pour obtenir l'information la plus à jour,
consultez notre site Web à cnesst.gouv.qc.ca.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	7
SECTION 1 - GÉNÉRALITÉS	10
1.1 Plan du guide.....	10
1.2 Article 63 de la <i>Loi sur la santé et la sécurité du travail</i>	10
1.3 Définitions de termes utilisés dans le guide	11
SECTION 2 - PROTECTION CONTRE LES RISQUES D'ÉCRASEMENT	17
2.1 Protection par écartement minimal entre les pièces mobiles.....	18
2.2 Protection par limitation des forces et des niveaux d'énergie des pièces mobiles.....	19
SECTION 3 - PROTECTEURS	21
3.1 Types de protecteurs.....	21
3.2 Choix d'un protecteur	22
3.3 Conception et caractéristiques des protecteurs	24
SECTION 4 - PROTECTION PAR ÉLOIGNEMENT	25
4.1 Atteinte par le haut	26
4.2 Atteinte par-dessus un protecteur fixe de maintien à distance	27
4.3 Atteinte des membres supérieurs à travers une ouverture d'un protecteur	30
4.3.1 Ouvertures régulières dans le protecteur	31
4.3.2 Ouvertures irrégulières dans le protecteur	35
4.3.3 Ouverture permettant le passage de la matière dans la machine	35
4.3.4 Limitation du mouvement.....	36
4.4 Passage du corps entier à travers une ouverture	38
4.5 Atteinte par-dessous un protecteur.....	39

SECTION 5 - PROTECTION DES ANGLES RENTRANTS	41
5.1 Formation des angles rentrants.....	41
5.2 Délimitation de la zone d'entraînement.....	44
5.3 Prévention à l'étape de la conception.....	47
5.4 Généralités sur l'utilisation des protecteurs fixes d'angle rentrant.....	48
5.4.1 Protection de deux cylindres en contact	49
5.4.2 Protection d'un cylindre en contact avec une surface plane fixe.....	50
5.4.3 Protection d'un cylindre en contact avec une courroie ou une partie plane mobile	50
ANNEXE A - EXEMPLES D'UTILISATION DES VALEURS INSCRITES AUX TABLEAUX 4 ET 5	51
EXEMPLE 1 – Calcul de la hauteur « b » d'un protecteur–dommages mineurs avec faible probabilité d'occurrence uniquement	51
EXEMPLE 2 – Calcul de la distance horizontale « c » entre le protecteur et la zone dangereuse – dommages mineurs avec faible probabilité d'occurrence uniquement	54
EXEMPLE 3 – Calcul de la hauteur « a » admissible pour la zone dangereuse – accès par-dessus les structures de protection	56
ANNEXE B - DISTANCES DE SÉCURITÉ POUR UNE PERSONNE DE MOINS DE 14 ANS	57
ANNEXE C - EXEMPLE DE FIXATION IMPERDABLE	59
RÉFÉRENCES	60

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Hiérarchie des mesures de réduction du risque	8
Figure 2.	Emplacement possible de la zone dangereuse et possibilités d'accès	10
Figure 3.	Protecteur fixe d'angle rentrant (protecteur qui empêche l'accès à l'angle rentrant).....	13
Figure 4.	Protecteur fixe enveloppant.....	13
Figure 5.	Protecteur fixe de maintien à distance	14
Figure 6.	Écartements minimaux « d » pour éviter les risques d'écrasement.....	18
Figure 7.	Écartement minimal entre le robot et le protecteur (zone de refuge prévue dans l'enceinte de sécurité)	19
Figure 8.	Protection par limitation des forces et des niveaux d'énergie des pièces mobiles sans détection.....	20
Figure 9.	Protection par limitation des forces et des niveaux d'énergie des pièces mobiles avec inversion du mouvement.....	20
Figure 10.	Éléments mobiles de transmission d'énergie (poulies - courroies)	22
Figure 11.	Emplacements possibles de la zone dangereuse	26
Figure 12.	Atteinte vers le haut.....	26
Figure 13.	Atteinte par-dessus un protecteur.....	27
Figure 14.	Forme des ouvertures régulières dans les protecteurs (fente, carré ou cercle)	30
Figure 15.	Atteinte à travers un protecteur.....	30
Figure 16.	Utilisation du sécurimètre	34
Figure 17.	Ouverture irrégulière	35
Figure 18.	Protection par tunnel.....	35
Figure 19.	Protection d'une vis sans fin par éloignement avec une grille	36
Figure 20.	Protection d'une vis sans fin par éloignement sans grille	36
Figure 21.	Broyeur de plastique muni d'une chicane.....	36
Figure 22.	Limitation des mouvements des membres supérieurs	37
Figure 23.	Limitation des mouvements des membres supérieurs avec une chicane.....	37
Figure 24.	Possibilités d'accès d'un corps en entier à travers une ouverture	38
Figure 25.	Atteinte par-dessous d'un protecteur	39
Figure 26.	Angle rentrant formé par deux cylindres en contact	41
Figure 27.	Angles rentrants formés par deux cylindres sans contact (identiques, ayant un revêtement différent ou un diamètre différent)	41
Figure 28.	Angle rentrant formé par un cylindre proche d'un objet fixe.....	42
Figure 29.	Angle rentrant formé par l'enroulement du matériel	42
Figure 30.	Utilisation d'un cylindre escamotable à la jonction de deux convoyeurs	43
Figure 31.	Périmètre de la zone d'entraînement	44
Figure 32.	Angle rentrant formé par deux cylindres en contact	44
Figure 33.	Angle rentrant formé par un cylindre en contact avec une courroie.....	45
Figure 34.	Angle rentrant formé par deux cylindres en contact avec une bande	45

Figure 35. Angle rentrant formé par deux cylindres sans contact	46
Figure 36. Prévention à l'étape de la conception pour deux cylindres sans contact.....	47
Figure 37. Prévention à l'étape de la conception pour un cylindre et une partie fixe	47
Figure 38. Protecteur d'angle rentrant – Espacement et géométrie.....	48
Figure 39. Protecteur d'angle rentrant pour deux cylindres en contact.....	49
Figure 40. Protecteur d'angle rentrant pour un cylindre en contact avec une surface plane fixe	50
Figure 41. Protecteurs d'angle rentrant pour un cylindre en contact avec une courroie.....	50
Figure A1. Protecteur fixe de maintien à distance – Solution pour l'exemple 1.....	53
Figure A2. Protecteur fixe de maintien à distance – Solution pour l'exemple 2.....	55
Figure C1. Exemple de fixations imperdables	59

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Force et niveaux d'énergie maximaux.....	20
Tableau 2. Choix d'un moyen de protection pour les phénomènes dangereux engendrés par des éléments mobiles de transmission	22
Tableau 3. Choix d'un moyen de protection contre les phénomènes dangereux engendrés par des éléments mobiles contribuant au travail.....	23
Tableau 4. Accès par-dessus les structures de protection – cas généraux	28
Tableau 5. Accès par-dessus les structures de protection – dommage mineur et faible probabilité d'occurrence du dommage	29
Tableau 6. Ouverture et distance de sécurité « ds » – 14 ans et plus	32
Tableau 7. Ouverture et distance de sécurité « ds » – CSA Z432-16.....	33
Tableau 8. Ouverture et distance de sécurité « ds » – CSA Z432-94.....	34
Tableau 9. Ouverture et distance de sécurité « ds » pour les membres inférieurs uniquement	40
Tableau 10. Ouverture et distance de sécurité « ds » – 3 ans et plus	58

INTRODUCTION

Ce guide traite des protecteurs fixes comme moyen de réduction du risque associé aux phénomènes dangereux d'origine mécanique¹ engendrés par les éléments mobiles des machines. Les protecteurs fixes sont utilisés lorsque l'accès de la travailleuse ou du travailleur à une zone dangereuse n'est pas fréquent pendant le fonctionnement normal de la machine, par exemple, pour empêcher le contact avec les éléments de transmission de puissance tels que poulies, courroies, arbres et engrenages. Un protecteur fixe ne peut être ouvert ou démonté qu'à l'aide d'outils ou par destruction des moyens de fixation. L'accès fréquent à une zone dangereuse conduit, pour de multiples raisons, à ce que le protecteur fixe ne soit pas remis en place, laissant ainsi la zone dangereuse accessible. Dans un tel cas, il faut recourir à d'autres moyens de protection (ex. protecteur mobile muni d'un dispositif de verrouillage ou dispositif de protection sensible). Pour cela, les protecteurs fixes sont souvent utilisés en combinaison avec d'autres moyens de protection.

1. Certains risques associés aux phénomènes dangereux d'origine thermique, électrique ou chimique ou encore au bruit peuvent aussi être réduits par l'installation de protecteurs fixes dont la conception a été adaptée.

Lors de la conception d'une machine, le concepteur doit appliquer la hiérarchie des mesures de réduction du risque (voir la figure 1). Il doit d'abord tenter de supprimer les phénomènes dangereux d'origine mécanique liés aux machines par prévention intrinsèque. Si cela n'est pas possible, il doit réduire les risques à un niveau acceptable en diminuant les forces ou les niveaux d'énergie en cause. Les phénomènes dangereux qui ne peuvent pas être réduits à un niveau satisfaisant pour préserver la sécurité des travailleuses et des travailleurs nécessitent des moyens de protection supplémentaires tels que des protecteurs. Ces protecteurs doivent empêcher l'accès à la zone dangereuse.

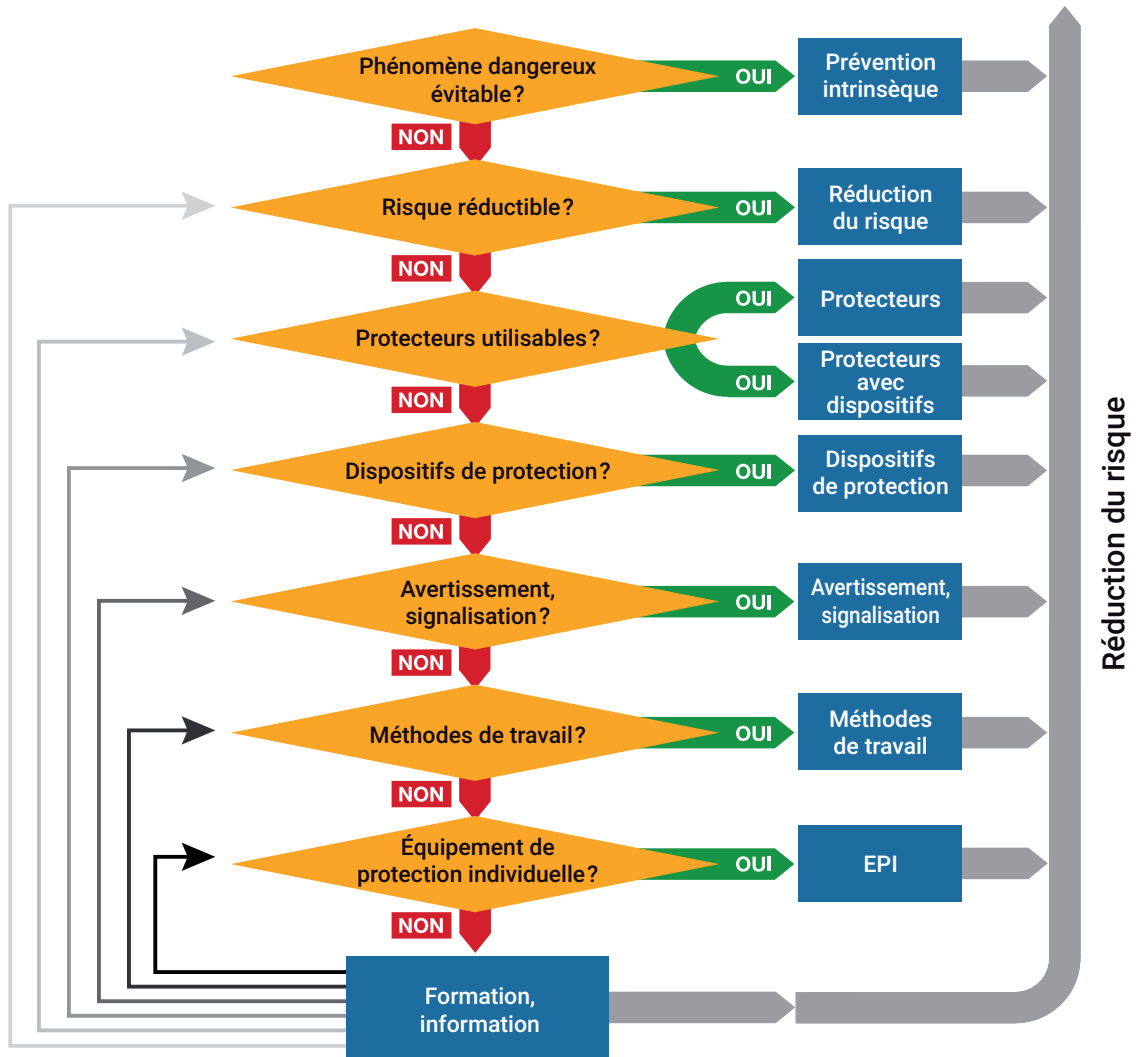


Figure 1. Hiérarchie des mesures de réduction du risque

Les principaux paramètres à prendre en compte pour que des protecteurs soient efficaces sont :

- les dimensions des zones dangereuses ainsi que leur position dans l'espace par rapport au sol ou par rapport à une plateforme de travail ;
- les activités réalisées pendant toute la durée du cycle de vie de la machine ;
- l'accessibilité de la zone dangereuse par les différentes parties du corps humain ;
- les dimensions anthropométriques des différentes parties du corps humain.

Les principes présentés dans ce guide sont généraux et conviennent à la majorité des machines. Avant d'appliquer les solutions génériques proposées dans ce guide, il peut être bénéfique de consulter les normes applicables à une machine spécifique (normes de type C), le fournisseur, une ingénieure ou un ingénieur, les autres guides publiés par la CNESST ou par d'autres organismes ([ASP](#), [IRSST](#), [INRS](#), etc.).

Ce guide ne constitue pas un recueil exhaustif des solutions liées aux protecteurs fixes et ne traite pas des systèmes de protection spécifiques liés à la mobilité des machines tels que les structures de protection contre le retournement.

Pour de plus amples informations sur la sécurité des machines, veuillez consulter la bibliographie de ce guide ainsi que le [Centre d'information scientifique et technique de la CNESST](#).

SECTION 1 GÉNÉRALITÉS

1.1 Plan du guide

Les définitions sont présentées au point 1.3. La protection contre les risques d'écrasement est ensuite traitée à la section 2. Puis les principes de protection à l'aide de protecteurs sont traités à la section 3. Ensuite, les différentes situations dans lesquelles la protection par éloignement s'applique (voir la figure 2) sont abordées dans la section 4.

- La zone dangereuse, qui se trouve au-dessus de la travailleuse ou du travailleur, est-elle accessible ? (point 4.1)
- L'accès à la zone dangereuse est-il possible par-dessus le protecteur ? (point 4.2)
- L'accès à la zone dangereuse est-il possible à travers une des ouvertures du protecteur ? (point 4.3)
- Est-il possible que le corps entier de la travailleuse ou du travailleur passe par une ouverture ? (point 4.4)
- L'accès à la zone dangereuse est-il possible par-dessous le protecteur ? (point 4.5)

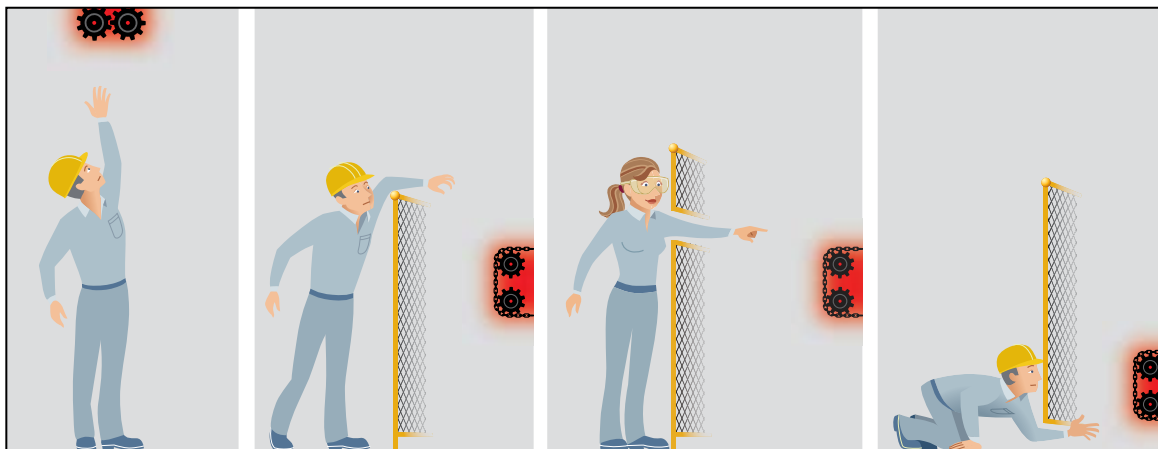


Figure 2. Emplacement possible de la zone dangereuse et possibilités d'accès

Enfin, la protection contre les risques de happement ou d'entraînement dans des angles rentrants est traitée à la section 5.

1.2 Article 63 de la Loi sur la santé et la sécurité du travail

Au Québec, l'article 63 de la *Loi sur la santé et la sécurité du travail* (RLRQ, c. S-2.1) [1] prévoit que :

« Nul ne peut fabriquer, fournir, vendre, louer, distribuer ou installer un produit, un procédé, un équipement, un matériel, un contaminant ou une matière dangereuse à moins que ceux-ci ne soient sécuritaires et conformes aux normes prescrites par règlement. »

1.3 Définitions de termes utilisés dans le guide

Les définitions visent à faciliter la compréhension des notions abordées dans ce guide. Elles sont tirées de normes concernant la sécurité des machines. La source de chacune des définitions est spécifiée entre parenthèses.

Analyse du risque (ISO 12100:2010) [2]

Combinaison de la détermination des limites de la machine, de l'identification des phénomènes dangereux et de l'estimation du risque.

Appréciation du risque [2]

Processus global d'analyse et d'évaluation du risque.

Dispositif de protection [2]

Moyen de protection autre qu'un protecteur.

Distance de sécurité/distance de séparation sûre « ds » (ISO 13857:2019) [3]

Distance minimale à laquelle il est requis qu'une structure de protection soit placée par rapport à une zone dangereuse.

Domage [2]

Blessure physique ou atteinte à la santé.

Mauvais usage raisonnablement prévisible [2]

Utilisation d'une machine d'une manière ne correspondant pas aux intentions du concepteur, mais pouvant résulter d'un comportement humain aisément prévisible.

Mesure de prévention intrinsèque [2]

Mesure de prévention qui, en modifiant la conception ou des caractéristiques de fonctionnement de la machine et sans faire appel à des protecteurs ou à des dispositifs de protection, élimine des phénomènes dangereux ou réduit le risque lié à ces phénomènes.

Moyen de protection [2]

Protecteur ou dispositif de protection.

Normes de type C [2]

Normes de sécurité par catégorie de machines traitant des exigences de sécurité détaillées s'appliquant à une machine particulière ou à un groupe de machines particulier.

Outil (ISO 14120:2015) [4])

Instrument, tel qu'une clé de service ou une clé à molette, conçu pour ouvrir ou fermer une fixation.

Note : *Un instrument improvisé, tel qu'une pièce de monnaie ou une lime à ongles, ne peut pas être considéré comme un outil.*

Phénomène dangereux [2]

Source possible de dommage.

Note 1 : L'expression « phénomène dangereux » peut être qualifiée de manière à faire apparaître l'origine (ex. phénomène dangereux mécanique, phénomène dangereux électrique) ou la nature du dommage potentiel (ex. phénomène dangereux de choc électrique, phénomène dangereux de coupure, phénomène dangereux d'intoxication, phénomène dangereux d'incendie).

Note 2 : Le phénomène dangereux envisagé dans cette définition :

- présent en permanence pendant l'utilisation normale de la machine (ex. déplacement d'éléments mobiles dangereux, arc électrique pendant une phase de soudage, mauvaise posture, émission de bruit, température élevée ; ou
- peut apparaître de manière inattendue (ex. explosion, écrasement résultant d'une mise en fonctionnement intempestive ou inattendue, projection résultant d'une rupture, chute résultant d'une accélération ou d'une décélération).

Note 3 : Il convient de ne pas confondre le terme français « phénomène dangereux » avec le terme « risque », qui était parfois utilisé à sa place dans le passé.

Plan de référence [3]

Niveau sur lequel les personnes se tiennent normalement pendant l'utilisation de la machine ou l'accès à la zone dangereuse.

Note : Le plan de référence n'est pas nécessairement le sol ou le plancher (par exemple, une plateforme de travail peut constituer le plan de référence).

Protection/mesure de protection [2]

Mesure de prévention faisant appel à des moyens de protection pour préserver les personnes des phénomènes dangereux qui ne peuvent raisonnablement pas être éliminés ou des risques qui ne peuvent être suffisamment réduits par l'application de mesures de prévention intrinsèque.

Protecteur [2]

Barrière physique conçue comme un élément de la machine assurant une fonction de protection.

Note 1 : Un protecteur peut exercer son effet :

- seul, auquel cas il n'est efficace que lorsqu'il est fermé (s'il s'agit d'un protecteur mobile) ou maintenu en place de façon sûre (s'il s'agit d'un protecteur fixe) ; ou
- associé à un dispositif de verrouillage avec ou sans interverrouillage, auquel cas la protection est assurée, quelle que soit la position du protecteur.

Note 2 : Suivant sa construction, un protecteur peut être appelé « carter », « blindage », « couvercle », « écran », « porte », « enceinte ».

Protecteur fixe [2]

Protecteur fixé (par exemple, au moyen de vis ou d'écrous, par soudage) de telle manière qu'il ne puisse être ouvert ou démonté qu'à l'aide d'outils ou par destruction des moyens de fixation.

Protection rapprochée (protecteur d'angle rentrant/protecteur de point d'infléchissement)
(EN 620:2021) [5]

Protecteur fixe inséré à un point rentrant pour sécuriser directement ce point (voir la figure 3).

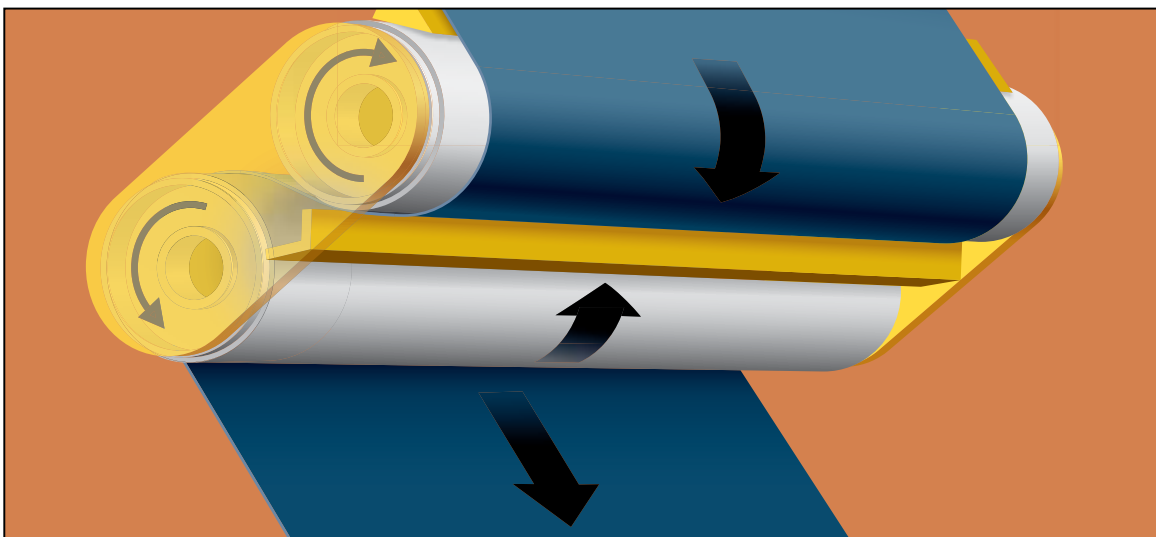


Figure 3. Protecteur fixe d'angle rentrant (protecteur qui empêche l'accès à l'angle rentrant)

Protecteur enveloppant [4]

Protecteur qui interdit l'accès à la zone dangereuse de toutes parts (voir la figure 4).

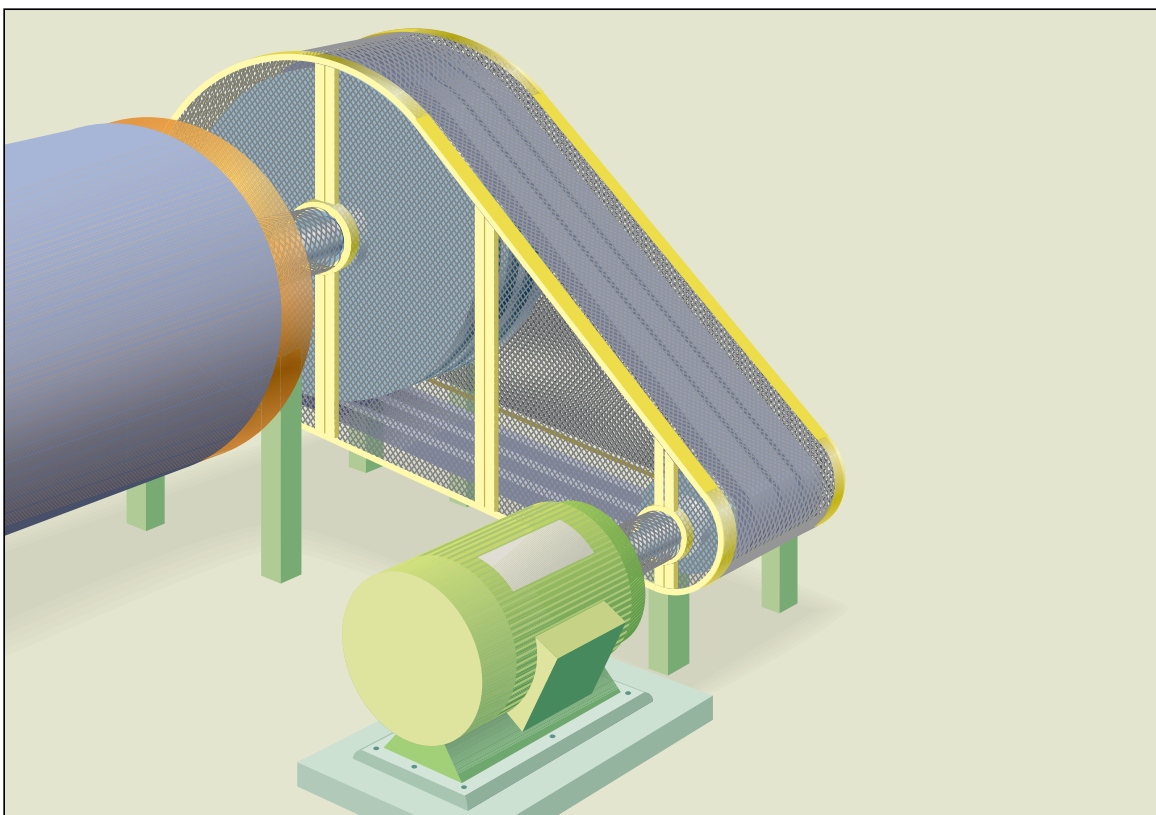


Figure 4. Protecteur fixe enveloppant

Protecteur de maintien à distance [4]

Protecteur qui n'enferme pas complètement une zone dangereuse, mais qui en empêche ou en limite l'accès grâce à ses dimensions et à son éloignement de cette zone (ex. enceinte périphérique (voir la figure 5) ou protecteur tunnel)².

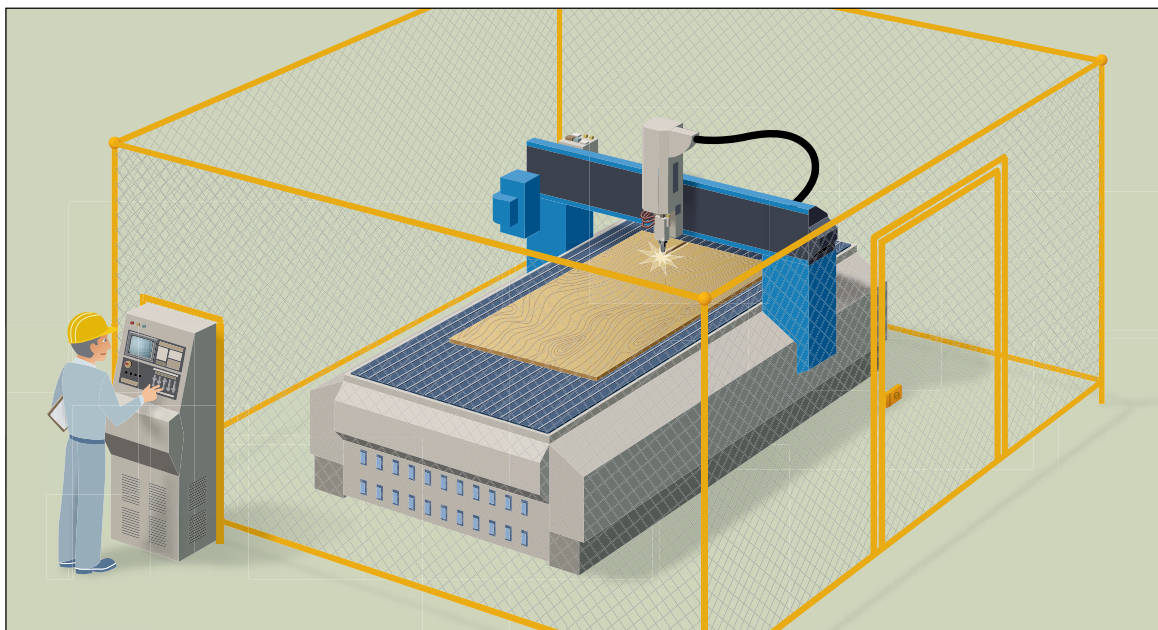


Figure 5. Protecteur fixe de maintien à distance

Protecteur motorisé [4]

Protecteur mobile mû par une énergie autre que la gravité ou l'énergie humaine³.

Protecteur mobile [2]

Protecteur pouvant être ouvert sans l'aide d'outils.

Protecteur réglable manuellement [4]

Protecteur réglable où le réglage est effectué manuellement et demeure fixe pendant une opération particulière.

Protecteur à fermeture automatique / protecteur réglable automatiquement [4]

Protecteur mobile mû par un élément constitutif de la machine (ex. table mobile) ou par la pièce travaillée ou encore par un élément du montage d'usinage qui permet à la pièce travaillée (et au montage d'usinage) de passer, puis revient automatiquement (par gravité, au moyen d'un ressort ou d'une autre énergie externe, etc.) à la position fermée dès que la pièce travaillée a libéré l'ouverture dans laquelle elle est passée.

2. Un protecteur de maintien à distance peut être partiel ou périphérique.

3. Attention : un protecteur motorisé ne doit pas blesser en bougeant (voir l'article 5.2.5.4. de la norme ISO 14120 [4]).

Protecteur avec dispositif de verrouillage [2]

Protecteur associé à un dispositif de verrouillage de manière à assurer, avec le système de commande de la machine, que :

- les fonctions dangereuses de la machine couvertes par le protecteur ne peuvent pas s'accomplir tant que le protecteur n'est pas fermé ;
- si l'on ouvre le protecteur pendant que les fonctions dangereuses de la machine s'accomplissent, un ordre d'arrêt est donné ; et
- les fonctions dangereuses de la machine couvertes par le protecteur peuvent s'accomplir (la fermeture du protecteur ne déclenche pas par elle-même les fonctions dangereuses de la machine) quand le protecteur est fermé.

Protecteur avec dispositif d'interverrouillage [2]

Protecteur associé à un dispositif de verrouillage et à un dispositif de blocage de manière à assurer, avec le système de commande de la machine, que :

- les fonctions dangereuses de la machine couvertes par le protecteur ne peuvent pas s'accomplir tant que le protecteur n'est pas fermé et bloqué ;
- le protecteur reste bloqué en position de fermeture jusqu'à ce que le risque dû aux fonctions dangereuses de la machine couvertes par le protecteur ait disparu ; et
- les fonctions dangereuses couvertes par le protecteur peuvent s'accomplir quand le protecteur est bloqué en position de fermeture. La fermeture et le blocage du protecteur ne déclenchent pas par eux-mêmes les fonctions dangereuses de la machine⁴.

Risque [2]

Combinaison de la probabilité qu'un dommage survienne et de la gravité de ce dommage.

Probabilité d'occurrence du dommage [2]

La probabilité d'occurrence du dommage est fonction :

- de l'exposition de la ou des personnes au phénomène dangereux ;
- de l'occurrence d'un événement dangereux ; et
- des possibilités techniques et humaines d'éviter ou de limiter le dommage.

Risque résiduel [2]

Risque subsistant après que des mesures de prévention ont été appliquées.

Note : *La norme distingue :*

- *le risque résiduel après que des mesures de prévention ont été appliquées par le concepteur ; et*
- *le risque résiduel demeurant après que toutes les mesures de prévention ont été appliquées.*

4. La norme ISO 14119:2013 [6] précise les notions de verrouillage et d'interverrouillage.

Structure de protection [3]

Dispositif de protection (ex. protecteur, moyen d'entrave) ou tout autre obstacle matériel (ex. partie d'une machine) qui restreint le mouvement du corps et/ou d'une partie de celui-ci afin d'empêcher qu'il atteigne des zones dangereuses.

Utilisation d'un outil [4]

Action d'une personne, dans des conditions connues et définies, dans le cadre d'une procédure de travail en sécurité.

Utilisation normale [2]

Utilisation d'une machine conformément aux informations données dans les instructions.

Zone dangereuse/zone de danger [2]

Tout espace, à l'intérieur et/ou autour d'une machine, dans lequel une personne peut être exposée à un phénomène dangereux.

Zone de convergence/angle rentrant/point rentrant (EN 1010-1+A1:2011) [7]

Points de danger dans la zone de rouleaux, de bobines, de cylindres ou de tambours dont les mouvements forment un rétrécissement et sont à l'origine d'un risque d'entraînement des parties du corps ou du corps entier, à savoir entre :

- deux rouleaux, motorisés ou non, tournant en sens opposés ;
- un rouleau tournant et une pièce de machine fixe ;
- des rouleaux tournant dans le même sens, des tapis convoyeurs avançant dans la même direction et dont la vitesse ou les surfaces sont différentes (frottement) ;
- un rouleau et des courroies de transmission, un tapis transporteur et, éventuellement, une bande du matériau.

Il existe également des zones de convergence sur les rouleaux non motorisés (rouleaux de guidage) entraînés par la bande du matériau. Le niveau de risque peut être fonction de différents facteurs, tels que, par exemple, le type et la résistance du matériau, l'angle d'enroulement, la vitesse de la bande et le moment d'inertie.

SECTION 2

PROTECTION CONTRE LES RISQUES D'ÉCRASEMENT

La protection du corps humain contre les risques d'écrasement peut être assurée de deux façons :

- en laissant par conception un écartement minimal entre les pièces, dont au moins une est mobile, afin d'éviter qu'une partie du corps humain soit écrasée ; ou
- en limitant les efforts ou les niveaux d'énergie des pièces mobiles afin de réduire les dommages causés au corps humain.

Le premier moyen représente une mesure de **prévention intrinsèque**, car le phénomène dangereux est supprimé. Le deuxième constitue une mesure de **réduction du risque** à un niveau acceptable, c'est-à-dire de façon à ce que le corps humain ne subisse pas de dommages irréversibles.

2.1 Protection par écartement minimal entre les pièces mobiles

Lors de l'appréciation du risque, en présence d'un risque d'écrasement, il faut déterminer la partie du corps qui y sera exposée. De plus, il faut considérer les conditions qui augmentent les risques (port de vêtements épais ou volumineux, port de chaussures de sécurité avec des embouts, etc.).

Les écartements minimaux « d » suivants (voir la figure 6), tirés de la norme ISO 13854:2017 [8], doivent être prévus pour éliminer les risques d'écrasement de parties du corps humain.

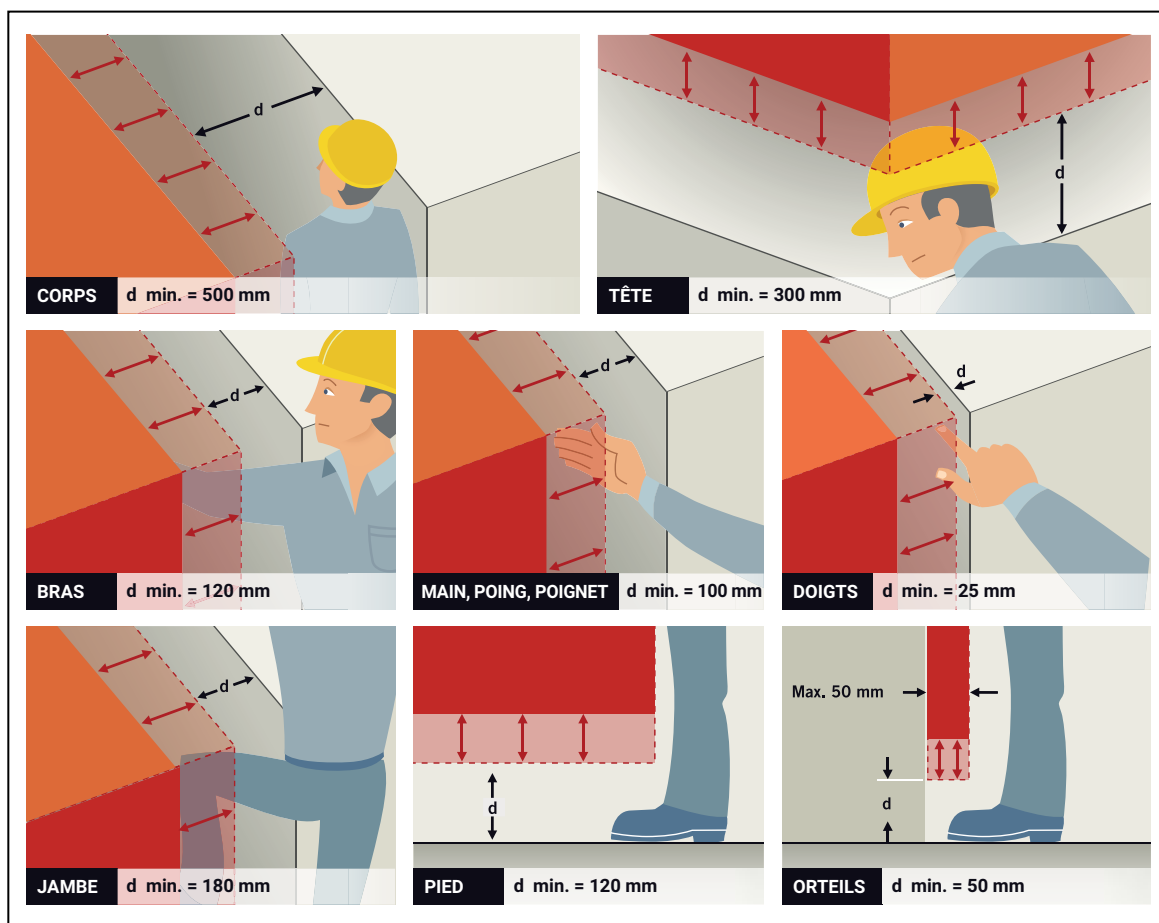


Figure 6. Écartements minimaux « d » pour éliminer les risques d'écrasement

Lorsqu'il est possible d'accéder à une zone de coincement avec plusieurs parties du corps, il faut choisir l'écartement « d » le plus grand (ex. s'il est possible d'accéder à la zone de coincement avec la main ou le bras, l'espace « d » doit être minimalement de 120 mm).

La figure 7 illustre l'écartement minimal lorsque le corps entier peut accéder à la zone de coincement créée par les mouvements du robot, comme le spécifie la norme CSA Z434-2014 [9].

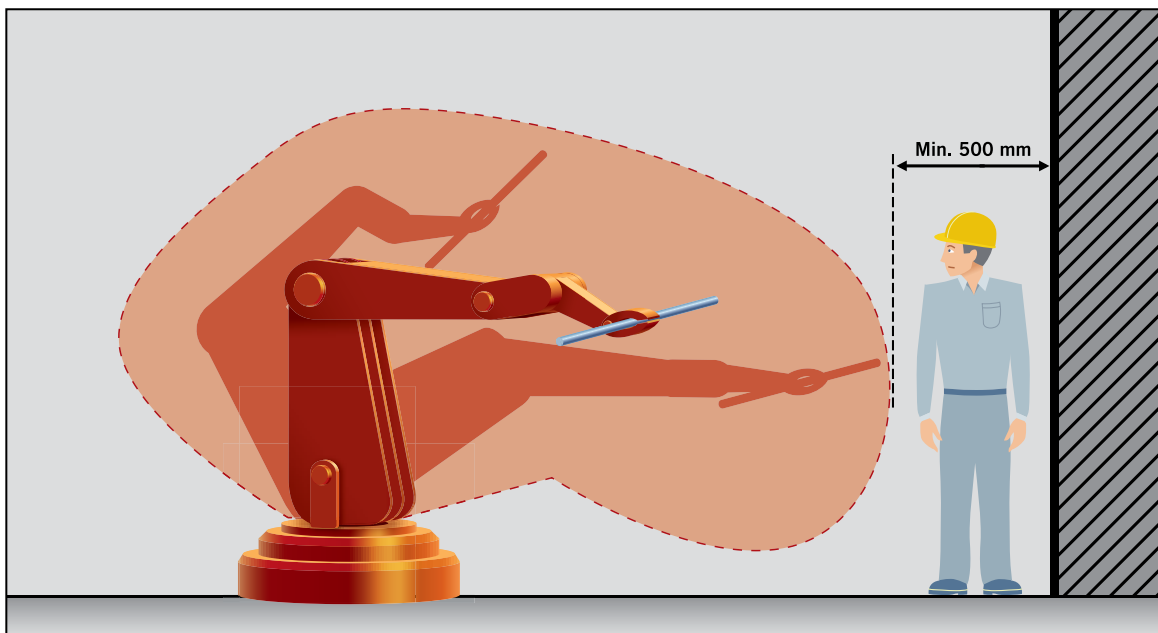


Figure 7. Écartement minimal entre le robot et le protecteur (zone de refuge prévue dans l'enceinte de sécurité)

2.2 Protection par limitation des forces et des niveaux d'énergie des pièces mobiles

Dans certains cas, il est possible de limiter les forces et les niveaux d'énergie des pièces mobiles de façon à éliminer les dommages au corps humain. Ce principe, qui relève de la réduction du risque, ne peut être appliqué que lorsque les pièces mobiles n'ont pas d'arêtes vives, d'angles aigus, de parties coupantes, etc.

Dans ce cas, les facteurs suivants doivent être pris en compte :

- accessibilité de la zone dangereuse ;
- dimensions anthropométriques ;
- énergie cinétique ;
- pression sur des parties du corps ;
- partie du corps mise en contact ;
- formes et dimensions des surfaces de contact ;
- fiabilité du système (nécessaire pour les pièces mobiles avec dispositifs sensibles) ;
- temps de réponse des mécanismes (nécessaire pour les pièces mobiles avec dispositifs sensibles).

Si les pièces mobiles ne sont pas munies d'un dispositif permettant de détecter la présence du corps humain (ex. machine à cercler les boîtes, à la figure 8), les données de la colonne « Valeurs maximales sans inversion du mouvement » du tableau 1 doivent être utilisées.

Si les pièces mobiles sont munies d'un dispositif sensible (bord sensible) permettant de détecter le corps humain (voir la figure 9) et qu'elles peuvent se rétracter automatiquement⁵ dans une position sécuritaire, les données de la colonne « Valeurs maximales avec inversion du mouvement » du tableau 1 doivent être utilisées. Dans ce cas, il faut tenir compte de la fiabilité du système de commande, qui permet aux pièces mobiles de reprendre une position sécuritaire.

Dans les deux cas, il faut tenir compte des parties du corps (doigts, mains, etc.) susceptibles d'être accidentellement mises en contact avec la partie mobile de la machine et s'assurer que les pressions de contact en jeu sont acceptables.

Tableau 1. Force et niveaux d'énergie maximaux⁶	
Valeurs maximales sans inversion du mouvement	Valeurs maximales avec inversion du mouvement
Force maximale s'exerçant sur les parties du corps* 75 N	Force maximale s'exerçant sur les parties du corps* 150 N
Énergie cinétique maximale de la partie mobile 4 J	Énergie cinétique maximale de la partie mobile 10 J
Pression de contact maximale 25 N/cm²	Pression de contact maximale 50 N/cm²

* Dans le cas des ascenseurs, l'article 2.13.3.1.1 du *Code de sécurité sur les ascenseurs, monte-charges et les escaliers mécaniques* (CSA B44-19) [10] prévoit que la force de fermeture maximale doit être de 135 N.

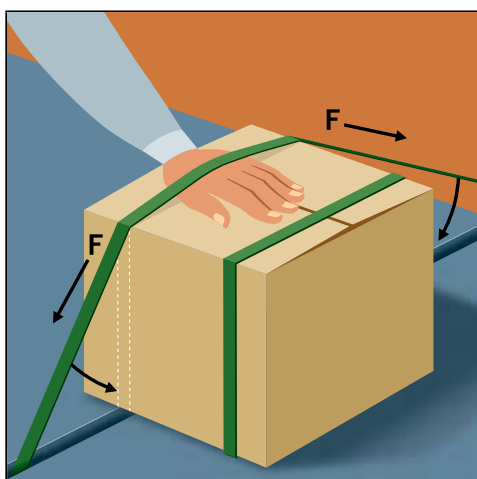


Figure 8. Protection par limitation des forces et des niveaux d'énergie des pièces mobiles sans détection

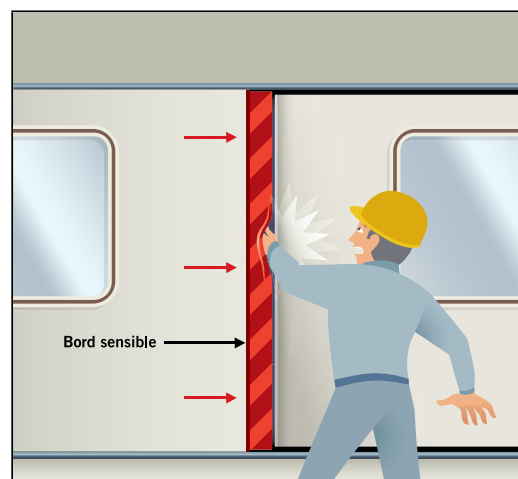


Figure 9. Protection par limitation des forces et des niveaux d'énergie des pièces mobiles avec inversion du mouvement

5. Certaines normes prescrivent un délai d'une seconde avant la rétractation de la pièce mobile.

6. Les données sont tirées des normes ISO 14120:2015 [4] et EN 415-8:2008 [11].

SECTION 3

PROTECTEURS

Selon la hiérarchie des mesures de réduction du risque, les protecteurs ne viennent qu'au troisième rang, après la prévention intrinsèque et la réduction du risque (voir la figure 1). La décision de sélectionner des protecteurs doit donc être prise seulement si les deux premières mesures ne peuvent pas être appliquées en raison de l'état de la technique⁷ ou si une norme de type C préconise l'usage des protecteurs.

3.1 Types de protecteurs

Il existe trois grands types de protecteurs : fixes, mobiles ou réglables.

1. Les protecteurs fixes – toujours ouverts à l'aide d'un outil ou par destruction du moyen de fixation

Les protecteurs fixes sont utilisés lorsque l'accès de la travailleuse ou du travailleur à une zone dangereuse n'est pas fréquent pendant le fonctionnement normal de la machine et qu'il n'y a pas nécessité d'accéder sous énergie.

- Protecteurs fixes enveloppants ;
- Protecteurs fixes de maintien à distance (barrière, enceinte souvent combinée à un autre moyen de protection, comme un protecteur mobile ou un dispositif de protection) ;
- Protecteurs fixes d'angle rentrant.

2. Les protecteurs mobiles – qui peuvent être ouverts sans outil par une action volontaire

- Munis d'un dispositif de verrouillage⁸ ;
- Munis d'un dispositif d'interverrouillage ;
- Commandant la mise en marche ;
- Motorisés ;
- Réglables automatiquement, aussi appelés « à fermeture automatique ».

3. Les protecteurs réglables manuellement



Les caractéristiques et les particularités des protecteurs mobiles et des protecteurs réglables ne sont pas traitées dans ce guide.

Avant de démonter un protecteur fixe ou mobile, des précautions doivent être prises (ex. arrêt de la machine, cadenassage, procédures de travail, etc.).

7. « État de la technique » : état d'avancement d'une capacité technique à un moment donné, en ce qui concerne un produit, un processus ou un service, fondé sur des découvertes scientifiques, techniques et expérimentales pertinentes (ISO/IEC Guide 2:2004 [12]).

8. Les dispositifs de verrouillage peuvent aussi être installés sur des protecteurs fixes dans certaines situations.

3.2 Choix d'un protecteur

Le choix du type de protecteur adapté à la zone dangereuse et aux phénomènes dangereux d'origine mécanique devrait reposer d'abord sur la norme de type C applicable à la machine en cause. En l'absence d'une telle norme, le concepteur ou le fabricant sélectionnera le type de protecteur convenant à la machine en s'appuyant sur le processus d'appréciation et de réduction du risque prévu à la norme ISO 12100:2010 [2] ou à la norme CSA Z432-16 [13]. Après l'installation d'un protecteur, il faut vérifier s'il joue bien son rôle, s'il est bien positionné et s'il empêche l'accès à la zone dangereuse sans créer de nouveaux risques.

Les tableaux 2 et 3 sont inspirés des lignes directrices de la norme ISO 12100:2010 [2] pour le choix des protecteurs et des dispositifs de protection.

Tableau 2. Choix d'un moyen de protection pour les phénomènes dangereux engendrés par des éléments mobiles de transmission

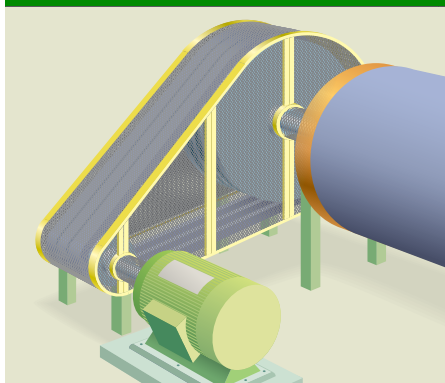


Figure 10. Éléments mobiles de transmission d'énergie (poulies et courroies)

Moyens de protection	Fréquence d'accès aux éléments mobiles de transmission d'énergie (arbre, poulie, courroie, etc.)	
	Fréquent	Non fréquent
Protecteurs fixes	Non	Oui
Protecteurs mobiles munis d'un dispositif de verrouillage ou d'interverrouillage*	Oui	Oui
Dispositifs de protection	Non	Non
Protecteurs réglables	Non	Non

* Un protecteur avec dispositif d'interverrouillage est requis lorsque le temps d'arrêt du phénomène dangereux (pièces en mouvement) est supérieur au temps requis pour qu'un travailleur accède à ce phénomène dangereux.

Pour les éléments mobiles de transmission d'énergie (voir la figure 10), le besoin d'accès est généralement peu fréquent, et cet accès peut se faire sans énergie (machine à l'arrêt). Le moyen de protection à privilégier est alors le protecteur fixe enveloppant (voir la figure 4), car l'objectif est d'empêcher totalement l'accès à la zone dangereuse. Si un accès plus fréquent est requis (ex. plus d'une fois par semaine) (ISO 14120) [4], un protecteur mobile avec un dispositif de verrouillage ou d'interverrouillage est alors nécessaire. Cela peut s'appliquer, par exemple, pour le nettoyage ou l'ajustement des volants d'entraînement d'une scie à ruban utilisée dans une boucherie. Les dispositifs de protection et les protecteurs réglables ne sont pas permis pour empêcher l'accès à des éléments mobiles de transmission d'énergie.

Un protecteur enveloppant peut être installé très proche (à quelques centimètres) de chaque zone dangereuse, car il empêche l'accès à la zone dangereuse de toutes parts. À l'opposé, un protecteur de maintien à distance est positionné à une certaine distance (souvent plusieurs dizaines de centimètres) de la zone dangereuse. Lorsque les zones dangereuses sont loin les unes des autres, il peut être utile de recourir à plusieurs protecteurs enveloppants (un par zone dangereuse). Lorsque les zones dangereuses sont proches les unes des autres, il peut être approprié d'utiliser un seul protecteur, enveloppant ou de maintien à distance.

Tableau 3. Choix d'un moyen de protection contre les phénomènes dangereux engendrés par des éléments mobiles contribuant au travail

Est-il nécessaire d'accéder à la zone dangereuse créée par les éléments mobiles contribuant au travail lors du fonctionnement normal de la machine ?	
Non : l'accès à la zone dangereuse n'est pas nécessaire pendant le fonctionnement normal de la machine	Oui : l'accès à la zone dangereuse est nécessaire pendant le fonctionnement normal de la machine
<p>Protecteurs fixes (autorisés seulement lorsque la fréquence d'accès à la zone dangereuse est faible) ou Protecteurs mobiles munis d'un dispositif de verrouillage ou d'interverrouillage ou Dispositifs de protection</p>	<p>Protecteurs mobiles munis d'un dispositif de verrouillage ou d'interverrouillage ou Dispositifs de protection ou Protecteurs réglables restreignant l'accès aux éléments mobiles dans les zones auxquelles il est nécessaire d'accéder pour effectuer le travail</p>

Il peut être utile de recourir à une combinaison de différents types de protecteurs et dispositifs de protection, selon la configuration de la machine et selon les exigences de production et de maintenance.

3.3 Conception et caractéristiques des protecteurs

La norme ISO 14120 [4] propose plusieurs critères pour la conception des protecteurs et la sélection des matériaux. Voici certaines recommandations :

- Un protecteur est un élément physique qui empêche ou restreint l'accès à la zone dangereuse par sa taille et sa position. De façon générale, un protecteur ne doit pas créer de risques supplémentaires (coupure, coincement, écrasement, etc.) ni inciter les utilisatrices et utilisateurs de la machine à le neutraliser.
- Les parties d'un protecteur doivent être conçues de sorte que leurs dimensions et leur poids en facilitent la manipulation.
- Un protecteur doit être conçu et construit de manière à offrir une bonne visibilité du processus et de la machine lorsque nécessaire. Ce type de conception permet de limiter le démontage du protecteur afin de vérifier si la machine fonctionne bien ou de détecter un dysfonctionnement dès l'apparition de celui-ci. Le protecteur peut être constitué d'un matériau transparent, perforé ou grillagé. Il est suggéré de peindre le cadre du protecteur d'une couleur vive et la partie perforée ou grillagée d'une couleur plus sombre que la zone à observer (noir mat ou gris charbon).
- Un protecteur fixe doit être maintenu en place de manière permanente (ex. par soudage) ou être démontable uniquement à l'aide d'un outil conçu pour ouvrir ou fermer les fixations du protecteur, comme une clé de service. L'utilisation de cet outil doit se faire dans des conditions connues et définies dans le cadre d'une procédure de travail sécuritaire. Lorsque l'on retire les fixations du protecteur, il est préférable que celui-ci ne puisse pas rester en place. Les fixations devraient demeurer solidaires du protecteur ou de la machine quand le protecteur est enlevé (voir annexe C).
- Un protecteur doit être conçu de façon à permettre de réaliser au maximum les interventions de réglage, de graissage et de maintenance sans qu'il soit nécessaire de l'ouvrir ou de le démonter. Cela permet de réduire au minimum les besoins d'accès à la zone dangereuse de la machine.
- Un protecteur doit être de construction suffisamment robuste pour résister aux contraintes auxquelles il peut être soumis (ex. projections de matières solides ou liquides) durant toute la vie utile de la machine. À titre d'exemple, la norme ISO 14120 [4] suggère qu'un protecteur puisse résister au choc d'une personne de 90 kg qui tombe dessus alors qu'elle se déplace à une vitesse de 1,6 m/s.
- Un protecteur doit être conçu, autant que possible, pour empêcher qu'il puisse être escaladé. La possibilité d'escalade doit être prise en considération lors de sa conception, par exemple par le choix de formes ou de matériaux qui la limiteront.
- Un protecteur doit être conçu pour assurer la sécurité en priorité. Cependant, d'autres contraintes de conception peuvent être prises en compte, telles que la facilité de nettoyage, afin de répondre aux exigences de l'industrie pharmaceutique ou alimentaire.

SECTION 4

PROTECTION PAR ÉLOIGNEMENT

Cette section présente la notion de distances de sécurité afin d'empêcher que des travailleuses et travailleurs atteignent les zones dangereuses créées par le mouvement des éléments des machines ou des pièces travaillées.

Ces distances s'appliquent lorsque l'ajout d'un protecteur par éloignement offre une réduction suffisante des risques. Ces distances de sécurité étant fonction de la taille, certaines personnes ayant des tailles extrêmes pourront toujours être en mesure d'atteindre les zones dangereuses, même si les exigences du présent document sont satisfaites.



Lorsqu'il est possible qu'une travailleuse ou un travailleur reste à l'intérieur de la zone dangereuse (entre le protecteur et la machine), il faut prévoir un dispositif empêchant la remise en marche de la machine.

Les distances de sécurité tirées de la norme ISO 13857:2019 [3] s'appliquent selon les hypothèses suivantes :

- Les structures de protection telles que les protecteurs et toutes ouvertures qu'elles comprennent ne sont ni déformées ni déplacées.
- Les distances de sécurité sont mesurées à partir de la partie du corps exposée (ex. doigts, main ou pied).
- Le plan de référence (sol, passerelle, plateforme fixe de travail) est le niveau sur lequel les personnes se tiennent.
- Aucun accessoire, tel une chaise, un escabeau ou une échelle, n'est utilisé pour modifier le plan de référence (les sauts et l'escalade sont aussi exclus).
- Aucun accessoire, tel une barre, un outil ou une perche, n'est utilisé pour augmenter la portée naturelle des membres supérieurs.

La protection par éloignement fait appel à un protecteur fixe ou mobile. Plusieurs situations sont possibles, comme l'atteinte de la zone dangereuse, illustrée en rouge dans les figures, vers le haut, par-dessus le protecteur, à travers une ouverture du protecteur ou par-dessous le protecteur (voir la figure 11).

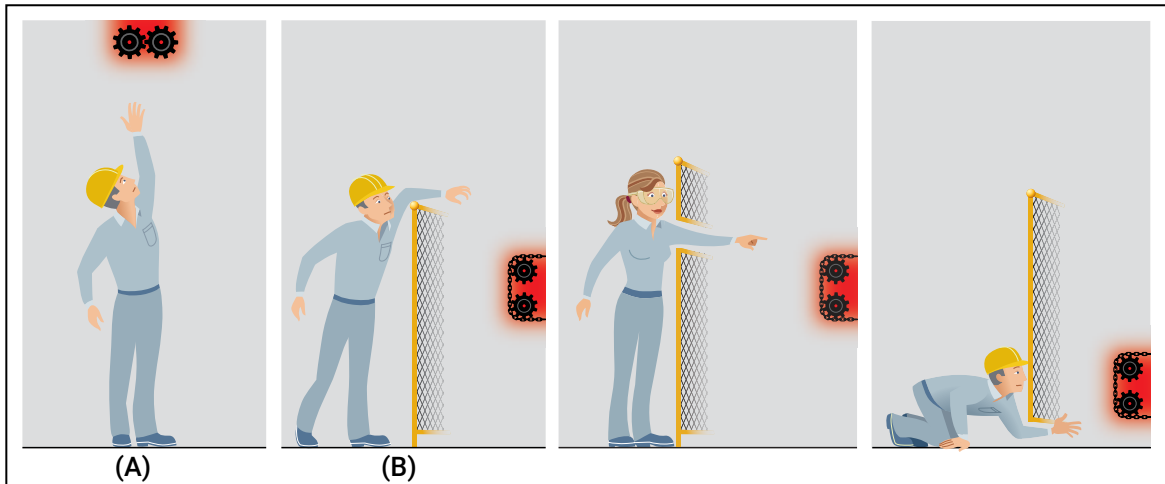


Figure 11. Emplacements possibles de la zone dangereuse

Attention !

Dans les deux premiers cas illustrés (A et B), soit l'atteinte vers le haut et l'atteinte par-dessus le protecteur, deux séries de valeurs sont établies : une série pour les dommages mineurs conjugués à une faible probabilité d'apparition du dommage et une série pour tous les autres cas.

4.1 Atteinte vers le haut

La distance de sécurité entre le plan de référence (sol, passerelle ou plateforme fixe de travail) et le bas de la zone dangereuse doit être minimalement de **2,7 m** (voir la figure 12).

Cette distance peut être réduite à 2,5 m lorsque **la gravité du dommage et la probabilité d'apparition du dommage** causé par le phénomène dangereux **sont toutes les deux faibles**⁹.

Malgré ce qui précède, une zone dangereuse située à plus de 2,7 m doit être rendue inaccessible par un moyen de protection si un accès fréquent¹⁰ à celle-ci ou à proximité est prévisible (ex. intervention régulière de maintenance préventive par une travailleuse ou un travailleur au moyen d'une plateforme élévatrice). Au besoin, une analyse du risque peut être effectuée pour définir les moyens de protection adéquats.

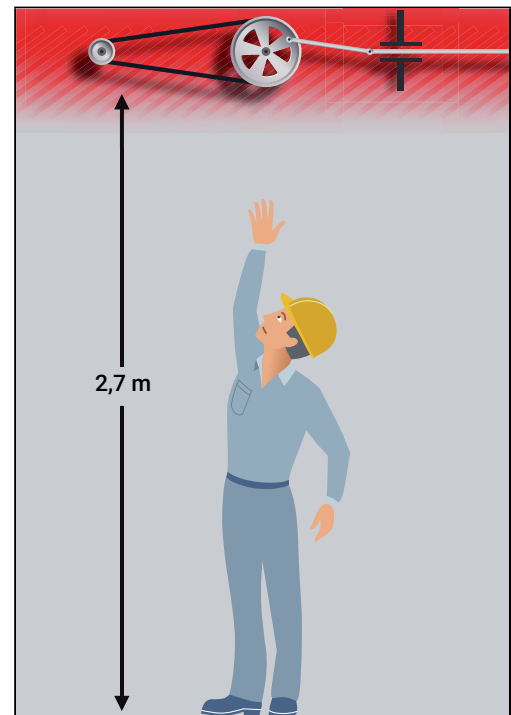


Figure 12. Atteinte vers le haut

9. D'après la norme ISO 13857:2019 [3], la gravité du dommage peut être supposée faible dans les exemples suivants :
 • lorsque la température et la durée du contact avec des surfaces chaudes sont inférieures à la valeur seuil de brûlure;
 • pour les phénomènes dangereux qui ne causent pas de dommages corporels permanents ou irréversibles, tels que les hématomes, les légères contusions ou des cassures de parties du corps qui repoussent, comme les ongles.

10. Un accès ayant lieu une fois ou plus par semaine est considéré comme étant fréquent (ISO14120:2015, art. 6.4.4.1) [4].

4.2 Atteinte par-dessus un protecteur fixe de maintien à distance

Ce type de protecteur est généralement combiné à un protecteur mobile ou à un dispositif de protection. Les distances de sécurité s'appliquent autant aux protecteurs fixes qu'aux protecteurs mobiles.

Les symboles suivants sont utilisés pour désigner les dimensions critiques relatives au traitement de l'accessibilité par-dessus le protecteur (voir la figure 13) :

- « a » est la hauteur de la partie la plus accessible de la zone dangereuse (ici, le haut de la zone dangereuse) par rapport au plan de référence ;
- « b » est la hauteur du protecteur ;
- « c » est la distance horizontale entre le protecteur et la zone dangereuse.

En règle générale, les données du tableau 4, lequel est inspiré de la norme ISO 13857:2019 [3], devraient être utilisées. Par ailleurs, dans la norme CSA Z432-16¹¹ [13], il est spécifié qu'un protecteur de maintien à distance qui protège une zone dangereuse doit avoir, lorsque cela est possible, une hauteur minimale de 1 800 mm (en gras dans le tableau 4).

Les données du tableau 5, également inspiré de la norme ISO 13857:2019 [3], s'appliquent uniquement lorsque **la gravité du dommage et la probabilité d'apparition du dommage** causé par le phénomène dangereux **sont toutes les deux faibles**.

Aucune interpolation ne doit être faite à partir des valeurs indiquées dans ces tableaux. Si les données « a », « b » ou « c » se situent entre deux valeurs, il faut retenir, dans tous les cas, celle qui permet d'assurer la plus grande sécurité (voir les exemples à l'annexe A).

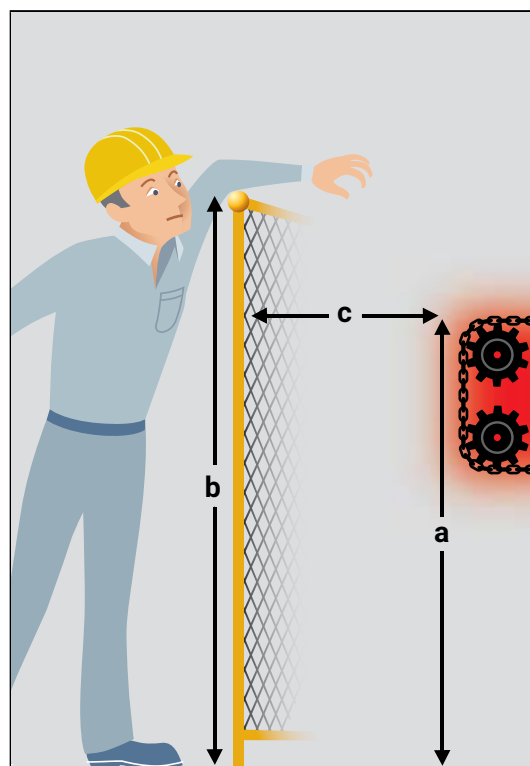


Figure 13. Atteinte par-dessus un protecteur

Attention !

Il faut prendre en considération la partie la plus accessible de la zone dangereuse selon sa disposition (le bas ou le haut de la zone dangereuse).

11. L'article 10.2.5 de la norme CSA Z432-16 (C2021) [13] stipule que pour le protecteur périmétrique « [...] lorsque cela est possible, une hauteur minimale d'au moins 1,8 m (72 po) devrait être assurée au-dessus de la surface de marche adjacente [...] ». Source : Clause 10.2.5, CSA Z432-F16 (C2021), *Protection des machines*. © 2016 Association canadienne de normalisation. Veuillez visiter <https://www.csagroup.org/fr/store/>.



Certaines valeurs « c » représentent une distance assez grande pour permettre qu'une personne puisse se tenir entre le protecteur de maintien à distance et la zone dangereuse. Cette possibilité doit être prise en considération au moment du choix du protecteur de maintien à distance. Il faut prévoir un dispositif empêchant la remise en marche de la machine.

Tableau 4. Accès par-dessus les structures de protection – cas généraux

Hauteur de la zone dangereuse « a » (mm)	Hauteur du protecteur fixe de maintien à distance « b » (mm)							
	1 400*	1 600	1 800	2 000	2 200	2 400	2 500	2 700
	Distance horizontale par rapport à la zone dangereuse « c »** (mm)							
2 700	0	0	0	0	0	0	0	0
2 600	700	600	600	500	400	300	100	–
2 400	900	800	700	600	400	300	100	–
2 200	1 000	900	800	600	400	300	–	–
2 000	1 100	900	800	600	400	–	–	–
1 800	1 100	900	800	600	–	–	–	–
1 600	1 100	900	800	500	–	–	–	–
1 400	1 100	900	800	–	–	–	–	–
1 200	1 100	900	700	–	–	–	–	–
1 000	1 000	800	–	–	–	–	–	–
800	900	600	–	–	–	–	–	–
600	800	–	–	–	–	–	–	–
400	400	–	–	–	–	–	–	–
200	–	–	–	–	–	–	–	–
0	–	–	–	–	–	–	–	–

* Les protecteurs de maintien à distance d'une hauteur de 1 000 et 1 200 mm mentionnés dans la norme ISO 13857:2019 [3] ne sont pas repris dans ce tableau, car ils ne limitent pas suffisamment les mouvements.

** Si le protecteur comporte des ouvertures, il faut vérifier que la taille de ces ouvertures ne permet pas d'atteindre la zone dangereuse (voir section 4.3).

Tableau 5. Accès par-dessus les structures de protection – dommage mineur et faible probabilité d’occurrence du dommage

Hauteur de la zone dangereuse « a » (mm)	Hauteur du protecteur fixe de maintien à distance « b » (mm)						
	1 400*	1 600	1 800	2 000	2 200	2 400	2 500
	Distance horizontale par rapport à la zone dangereuse « c »** (mm)						
2 500	0	0	0	0	0	0	0
2 400	100	100	100	100	100	100	–
2 200	500	500	400	350	250	–	–
2 000	700	600	500	350	–	–	–
1 800	900	900	600	–	–	–	–
1 600	900	900	500	–	–	–	–
1 400	900	800	100	–	–	–	–
1 200	900	500	–	–	–	–	–
1 000	900	300	–	–	–	–	–
800	600	–	–	–	–	–	–
600	–	–	–	–	–	–	–
400	–	–	–	–	–	–	–
200	–	–	–	–	–	–	–
0	–	–	–	–	–	–	–

* Les protecteurs de maintien à distance d’une hauteur de 1 000 et 1 200 mm mentionnés dans la norme ISO 13857:2019 [3] ne sont pas repris dans ce tableau, car ils ne limitent pas suffisamment les mouvements.

** Si le protecteur comporte des ouvertures, il faut vérifier que la taille de ces ouvertures ne permet pas d’atteindre la zone dangereuse (voir section 4.3).

4.3 Atteinte des membres supérieurs à travers une ouverture d'un protecteur

Les protecteurs peuvent comprendre des ouvertures régulières (voir la figure 14) ou irrégulières, notamment pour l'alimentation de la machine ou pour des raisons de visibilité de la zone dangereuse ou du processus.

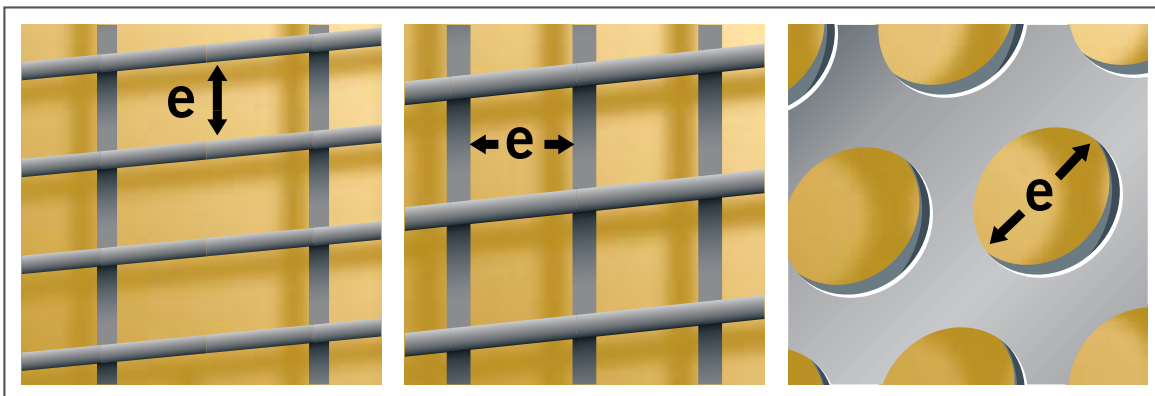


Figure 14. Forme des ouvertures régulières dans les protecteurs (fente, carré ou cercle)

Ces ouvertures ne doivent pas permettre aux travailleuses et aux travailleurs d'atteindre la zone dangereuse. Plus les ouvertures sont petites, plus le protecteur pourra être proche de la zone dangereuse. Inversement, un protecteur avec de grandes ouvertures devra être placé loin de la zone dangereuse.

La visibilité de la zone dangereuse peut aussi être assurée par l'utilisation d'un protecteur plein transparent (plastique ou verre). Un protecteur plein opaque ne permet aucune visibilité, ce qui en oblige le démontage ou l'ouverture dès que le besoin de visibilité se fait sentir.

La distance de sécurité « ds » est la distance minimale qui sépare le protecteur de la zone dangereuse (voir la figure 15). Cette distance est fonction de la dimension « e » et de la forme des ouvertures.

Les symboles suivants sont utilisés :

- « ds » est la distance de sécurité, soit la distance entre le protecteur et la zone dangereuse (sa partie la plus accessible de manière prévisible) ;
- « e » est la plus petite dimension de l'ouverture.

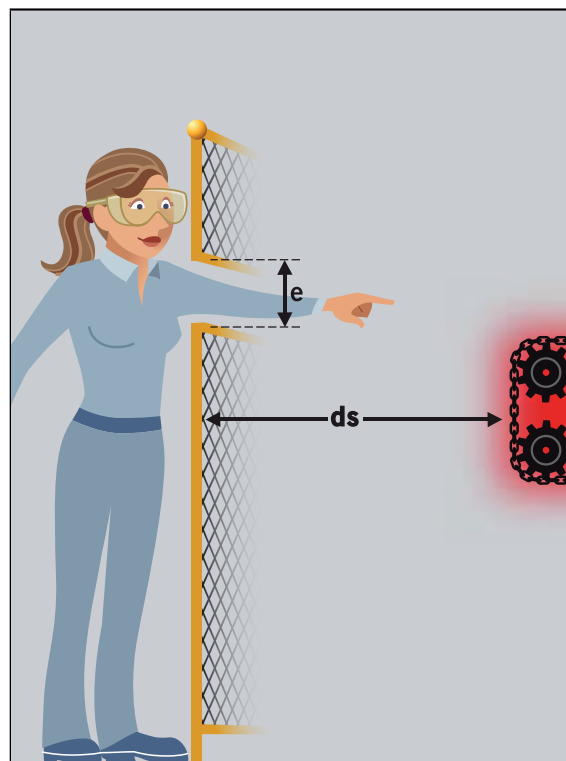


Figure 15. Atteinte à travers un protecteur

4.3.1 Ouvertures régulières dans le protecteur

La dimension « e » correspond à la plus petite dimension d'une ouverture rectangulaire (en forme de fente), au côté d'une ouverture en forme de carré et au diamètre d'une ouverture en forme de cercle (voir la figure 14).

Pour une même dimension d'ouverture « e », la distance de sécurité « ds » obtenue variera en fonction de la norme choisie. Il existe plusieurs normes permettant d'établir une distance de sécurité, telles que les normes ISO 13857, CSA Z432 et ANSI B11. Certaines d'entre elles ont évolué au fil des années.

Ce guide incorpore des données issues des normes ISO 13857:2019 [3] (voir le tableau 6, qui présente des données sur les distances de sécurité convenant à des personnes de 14 ans et plus) et CSA Z432-16 [13] (voir le tableau 7). **En présence de personnes de moins de 14 ans**, par exemple, dans les secteurs de l'agriculture, de la restauration et de l'hébergement, l'employeur doit s'assurer que la protection des machines est adéquate pour ces personnes (voir le tableau 10, en annexe B).

Attention !

Les valeurs limites de la norme ISO 13857 et de la norme CSA Z432 sont différentes, tant en ce qui concerne la taille maximale des ouvertures qu'en ce qui a trait à la distance « ds » maximale.

Il est suggéré de limiter la taille des ouvertures à 120 mm lorsque la norme CSA Z432 est utilisée, étant donné que celle-ci tend à s'harmoniser avec la norme ISO 13857.

Si des protecteurs doivent être ajoutés ou reconstruits sur une machine, il est judicieux d'appliquer les valeurs inscrites dans l'édition la plus récente d'une norme reconnue en la matière (ISO 13857 ou CSA Z432). Pour les machines déjà en service, il n'est pas nécessaire de modifier les protecteurs en place s'ils respectent les exigences d'une édition précédente d'une norme reconnue. À titre d'exemple, le tableau 8 illustre les distances de sécurité de la norme CSA Z432-94 [14] pour les machines mises en service avant 2004. Pour les machines mises en service entre 2004 et 2016, les données du tableau 7 s'appliquent¹².

Les tableaux suivants permettent de déterminer :

- la dimension de l'ouverture maximale acceptable en fonction de la distance de sécurité « ds » et de la forme de cette ouverture ; ou
- la distance de sécurité « ds » en fonction de la dimension de l'ouverture et de sa forme.

12. Les distances de sécurité indiquées au tableau 3 de la norme CSA Z432-04 [15] sont identiques à celles du tableau 10.2 de la norme CSA Z432-16 [13].

Tableau 6. Ouverture et distance de sécurité « ds » – 14 ans et plus

(selon les données du tableau 4 de la norme ISO 13857:2019 [3])

Je connais ma DISTANCE de sécurité donc je cherche mon ouverture		Je connais mon OUVERTURE donc je cherche ma distance de sécurité	
Distance de sécurité « ds » (mm)	Ouverture maximale possible « e » (mm)	Ouverture « e » (mm)	Distance minimale de sécurité « ds » (mm)
Ouverture en forme de fente		Ouverture en forme de fente	
De 2* à 9,9	4	De 0 à 4	≥ 2*
De 10 à 19,9	6	De 4,1 à 6	≥ 10
De 20 à 79,9	8	De 6,1 à 8	≥ 20
De 80 à 99,9	10	De 8,1 à 10	≥ 80
De 100 à 119,9	12	De 10,1 à 12	≥ 100
De 120 à 199,9	20	De 12,1 à 20	≥ 120
De 200 à 849,9	20 (si fente > 65 mm)	De 20,1 à 30	≥ 850 (si fente > 65 mm)
Exception (si fente ≤ 65 mm)		Exception (si fente ≤ 65 mm)	
De 200 à 849,9	30	De 20,1 à 30	≥ 200
850 et plus	120	De 30,1 à 120	≥ 850
Ouverture en forme de carré		Ouverture en forme de carré	
De 2* à 4,9	4	De 0 à 4	≥ 2*
De 5 à 14,9	6	De 4,1 à 6	≥ 5
De 15 à 24,9	8	De 6,1 à 8	≥ 15
De 25 à 79,9	10	De 8,1 à 10	≥ 25
De 80 à 119,9	12	De 10,1 à 12	≥ 80
De 120 à 199,9	30	De 12,1 à 30	≥ 120
De 200 à 849,9	40	De 30,1 à 40	≥ 200
850 et plus	120	De 40,1 à 120	≥ 850
Ouverture en forme de cercle		Ouverture en forme de cercle	
De 2* à 4,9	4	De 0 à 4	≥ 2*
De 5 à 19,9	8	De 4,1 à 8	≥ 5
De 20 à 79,9	10	De 8,1 à 10	≥ 20
De 80 à 119,9	12	De 10,1 à 12	≥ 80
De 120 à 849,9	40	De 12,1 à 40	≥ 120
850 et plus	120	De 40,1 à 120	≥ 850

* Le protecteur doit être situé à plus de 2 mm du phénomène dangereux.

Tableau 7. Ouverture et distance de sécurité « ds »
(selon les données du tableau 10.2 de la norme CSA Z432-16 [13])

Je connais ma DISTANCE de sécurité donc je cherche mon ouverture		Je connais mon OUVERTURE donc je cherche ma distance de sécurité	
Distance de sécurité « ds » (mm)	Ouverture maximale possible « e » (mm)	Ouverture « e » (mm)	Distance minimale de sécurité « ds » (mm)
Ouverture en forme de fente		Ouverture en forme de fente	
De 13* à 63,9	6	De 0 à 6	≥ 13*
De 64 à 88,9	11	De 6,1 à 11	≥ 64
De 89 à 165,9	16	De 11,1 à 16	≥ 89
De 166 à 444,9	32	De 16,1 à 32	≥ 166
De 445 à 914,9	49	De 32,1 à 49	≥ 445
915 et plus	132**	De 49,1 à 132**	≥ 915
Ouverture en forme de carré		Ouverture en forme de carré	
De 13* à 47,9	6	De 0 à 6	≥ 13*
De 48 à 65,9	11	De 6,1 à 11	≥ 48
De 66 à 165,9	16	De 11,1 à 16	≥ 66
De 166 à 444,9	32	De 16,1 à 32	≥ 166
De 445 à 914,9	49	De 32,1 à 49	≥ 445
915 et plus	132**	De 49,1 à 132**	≥ 915

* Le protecteur doit être situé à plus de 13 mm du phénomène dangereux.

** La taille maximale des ouvertures en forme de fente et de forme carrée est de 132 mm, mais il est suggéré de la limiter à 120 mm.

Tableau 8. Ouverture et distance de sécurité « ds »

(selon les données de la section 8.2.2 de la norme CSA Z432-94 [14], édition de 1999)

Je connais ma DISTANCE de sécurité donc je cherche mon ouverture		Je connais mon OUVERTURE donc je cherche ma distance de sécurité	
Distance de sécurité « ds » (mm)	Ouverture maximale possible « e » (mm)	Ouverture « e » (mm)	Distance minimale de sécurité « ds » (mm)
Ouverture en forme de fente		Ouverture en forme de fente	
De 6* à 38,9	6	De 0 à 6	≥ 6*
De 39 à 64,9	10	De 6,1 à 10	≥ 39
De 65 à 89,9	13	De 10,1 à 13	≥ 65
De 90 à 140,9	16	De 13,1 à 16	≥ 90
De 141 à 165,9	19	De 16,1 à 19	≥ 141
De 166 à 191,9	22	De 19,1 à 22	≥ 166
De 192 à 318,9	32	De 22,1 à 32	≥ 192
De 319 à 394,9	38	De 32,1 à 38	≥ 319
De 395 à 445,9	48	De 38,1 à 48	≥ 395
De 446 à 799,9	54	De 48,1 à 54	≥ 446
Plus de 800	152**	De 54,1 à 152**	≥ 800

* Le protecteur doit être situé à plus de 6 mm du phénomène dangereux.

** La taille maximale des ouvertures en forme de fente est de 152 mm, mais il est suggéré de la limiter à 120 mm.

Si les ouvertures en forme de fente ont une dimension « e » comprise entre 120 mm et 180 mm ou si les ouvertures en forme de carré ont une dimension « e » comprise entre 120 mm et 240 mm, il faut utiliser les valeurs énoncées aux tableaux 4 et 5 pour calculer la distance de sécurité.

Le [sécurimètre](#), qui est conçu et construit selon les données d'une norme, est un gabarit qui sert à s'assurer que la dimension des ouvertures dans un protecteur ne permet pas d'atteindre la zone dangereuse d'une machine (voir la figure 16).

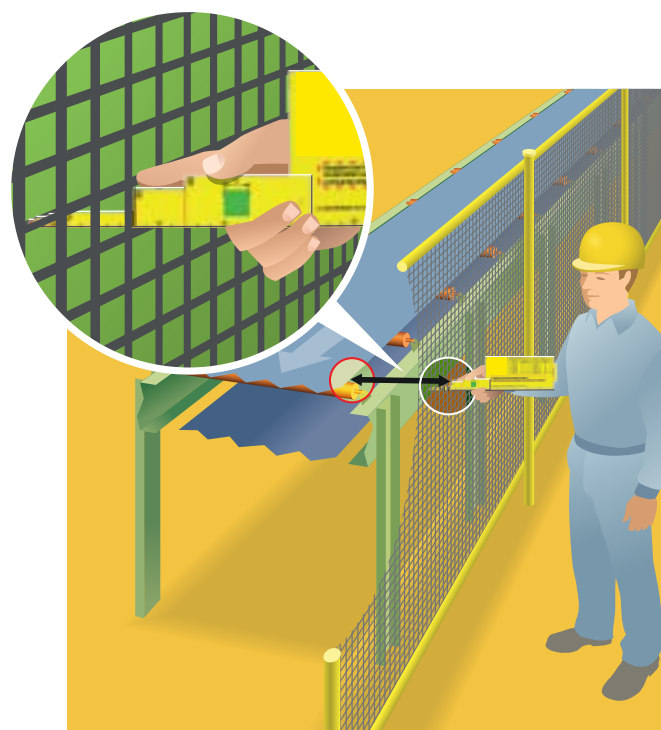


Figure 16. Utilisation du sécurimètre

4.3.2 Ouvertures irrégulières dans le protecteur

Dans le cas d'une ouverture irrégulière (voir la figure 17), la distance de sécurité « ds » à retenir est la plus courte des trois distances déterminées à partir des dimensions « e » 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.

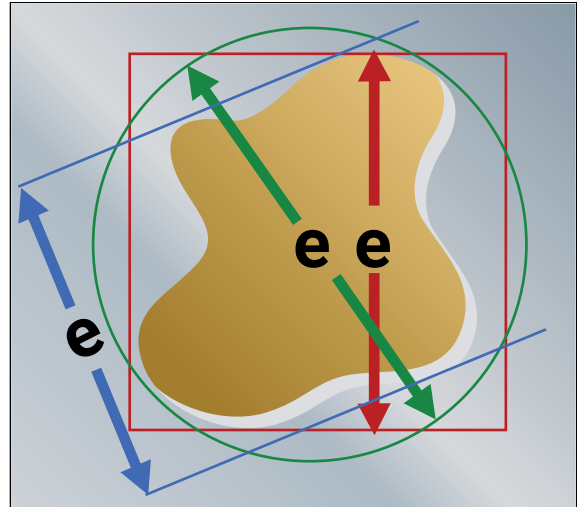


Figure 17. Ouverture irrégulière

4.3.3 Ouverture permettant le passage de la matière dans la machine

Un protecteur en forme de tunnel permet le passage du matériau ou de la pièce travaillée tout en empêchant la travailleuse ou le travailleur d'atteindre la zone dangereuse (voir la figure 18).

Dans ce cas, la distance de sécurité « ds » est constituée par l'éloignement du tunnel par rapport à la zone dangereuse « ds1 » et par la longueur du tunnel « ds2 ». La distance de sécurité « ds » dépend donc de la forme et des dimensions « e » du tunnel.

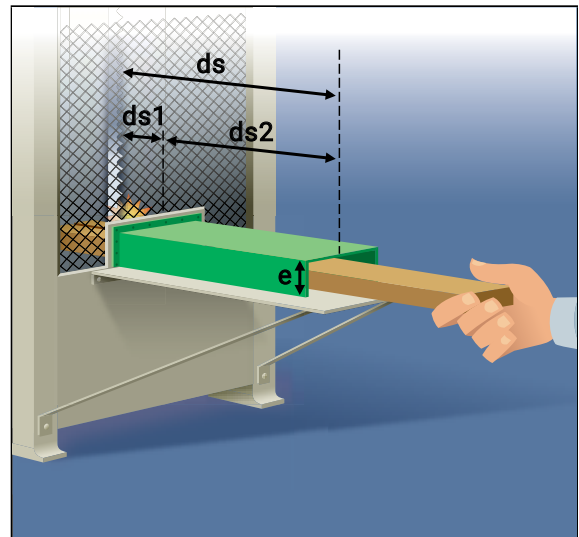


Figure 18. Protection par tunnel

Il convient d'utiliser les données des tableaux 6, 7 ou 8 pour déterminer « e » en fonction de « ds », ou inversement.

Les figures 19 et 20 illustrent la protection d'une vis sans fin par éloignement à l'aide d'un tunnel avec et sans grille. Les dimensions représentées sur la figure 20 proviennent du tableau 6.

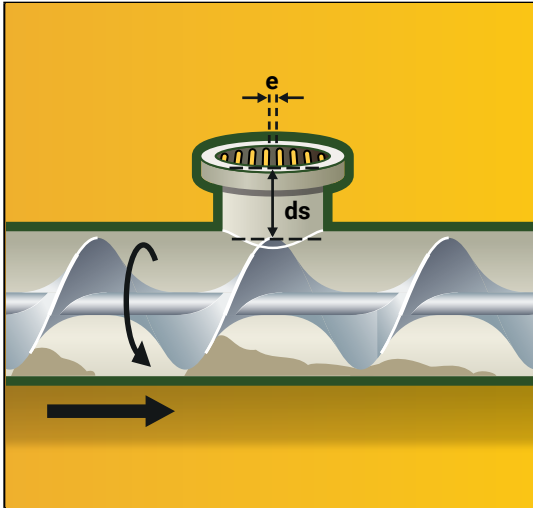


Figure 19. Protection d'une vis sans fin par éloignement avec une grille

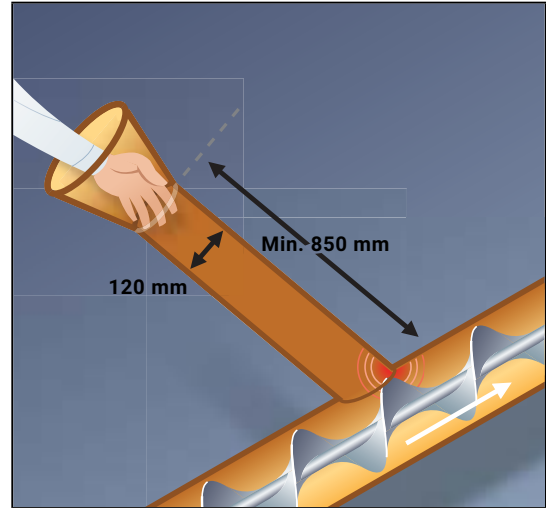


Figure 20. Protection d'une vis sans fin par éloignement sans grille

4.3.4 Limitation du mouvement

Il est aussi possible de limiter les mouvements libres des membres supérieurs (bras, mains, doigts) dans l'espace en utilisant des éléments supplémentaires (appui, chicane, déflecteur, plaque, etc.) (voir la figure 21) ou des éléments de structure de la machine entre le protecteur fixe et la zone dangereuse (voir les figures 22 et 23). Ces figures donnent des exemples de limitation du mouvement dans l'espace pour les membres supérieurs (données tirées de la norme ISO 13857:2019 [3]).

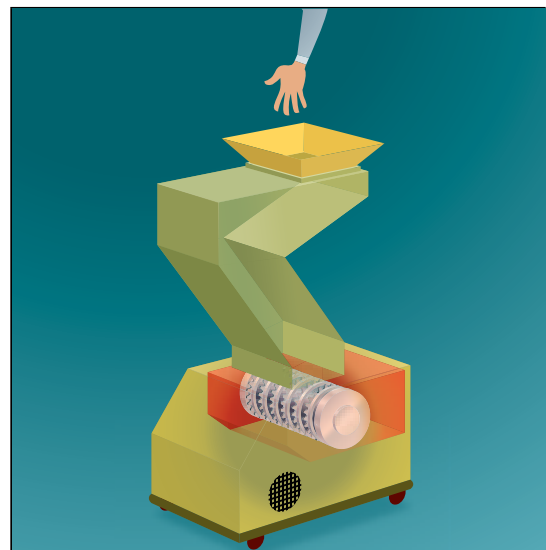


Figure 21. Broyeur de plastique muni d'une chicane

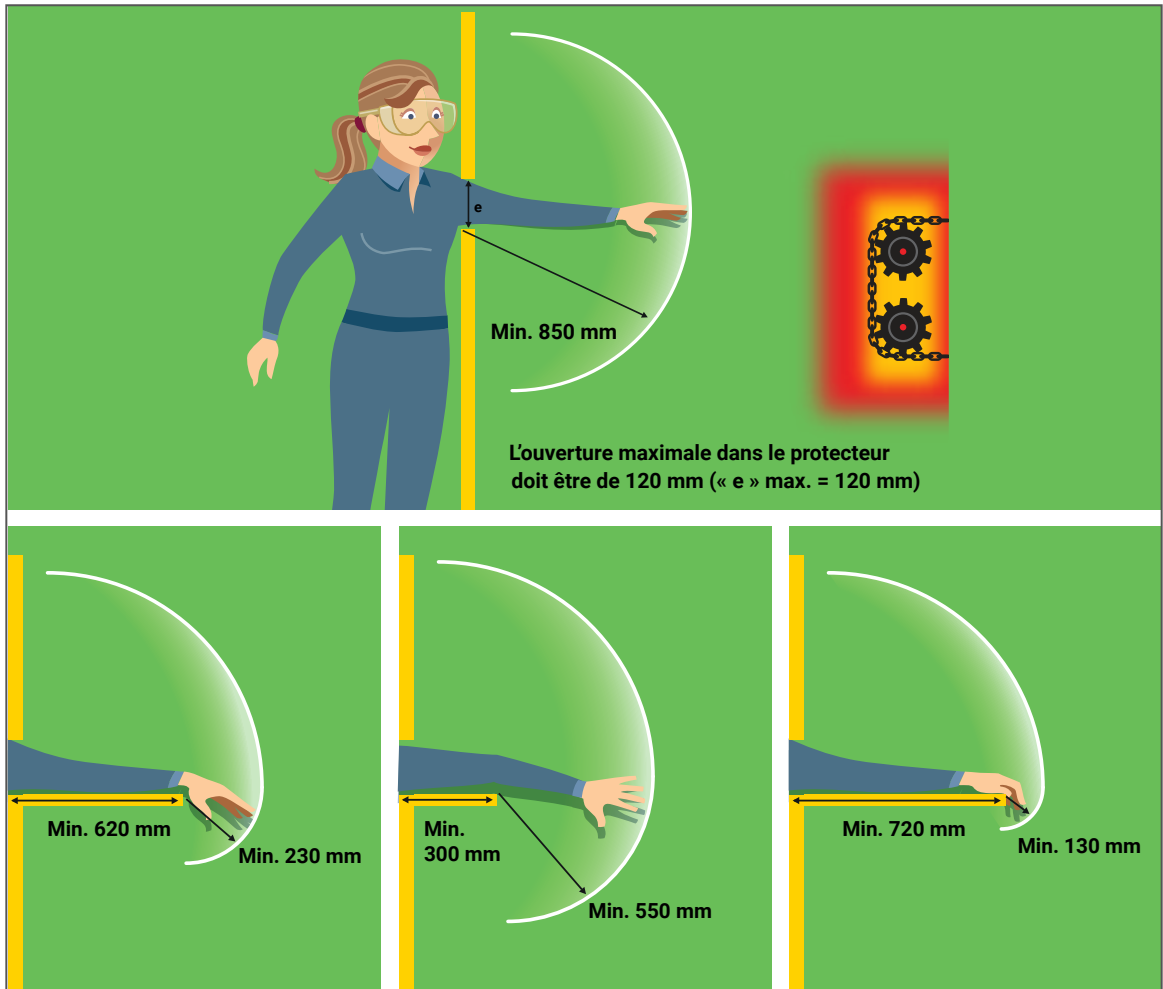


Figure 22. Limitation des mouvements des membres supérieurs

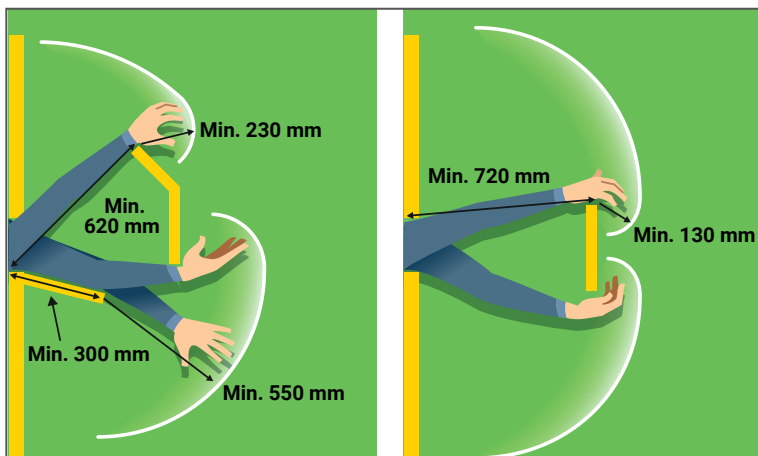


Figure 23. Limitation des mouvements des membres supérieurs avec une chicane

Il est aussi possible de limiter les mouvements des membres inférieurs, comme pour les membres supérieurs. Il faut cependant tenir compte des différences de géométrie entre les membres inférieurs et supérieurs au moment de la conception des limiteurs de mouvement.

4.4 Passage du corps entier à travers une ouverture

Le passage du corps entier à travers une ouverture d'une structure de protection doit aussi être pris en compte. Les protecteurs avec des ouvertures en forme de fente (1) dont « e » > 180 mm et des ouvertures carrées ou rondes (2) dont « e » > 240 mm ne doivent pas être utilisés sans que des mesures de prévention complémentaires soient appliquées. En effet, de telles ouvertures permettent l'accès du corps tout entier (voir la figure 24).

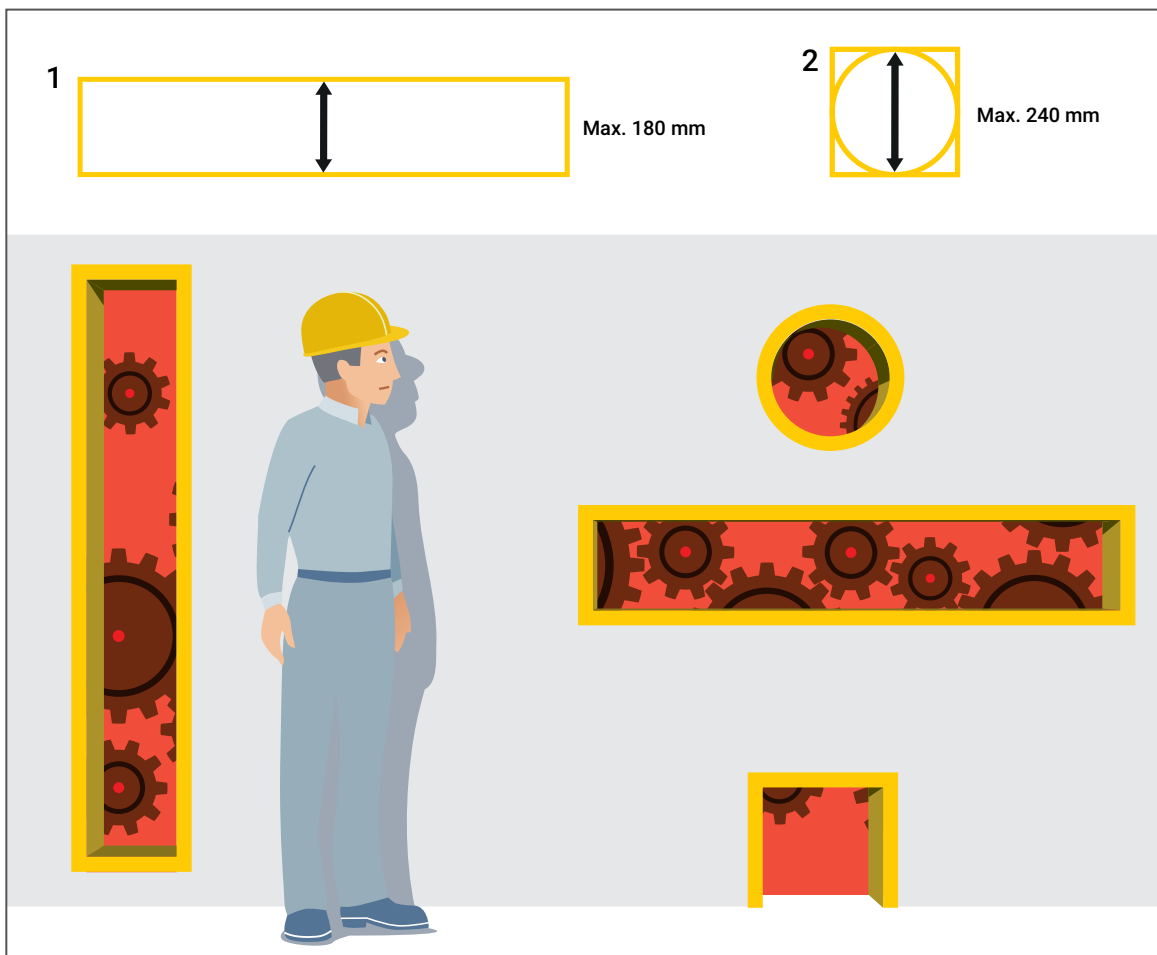


Figure 24. Possibilités d'accès d'un corps en entier à travers une ouverture

4.5 Atteinte par-dessous un protecteur

Il peut être utile de ne pas prolonger le protecteur fixe de maintien à distance jusqu'au plan de référence pour plusieurs raisons : pour faciliter le nettoyage et la récupération de pièces au sol, pour limiter les coûts, etc. L'existence de cette ouverture entre le plan de référence et le protecteur doit être prise en compte durant l'appréciation du risque afin de déterminer la distance de sécurité entre la zone dangereuse et le protecteur, dans le cas d'une atteinte par le dessous du protecteur (voir la figure 25).

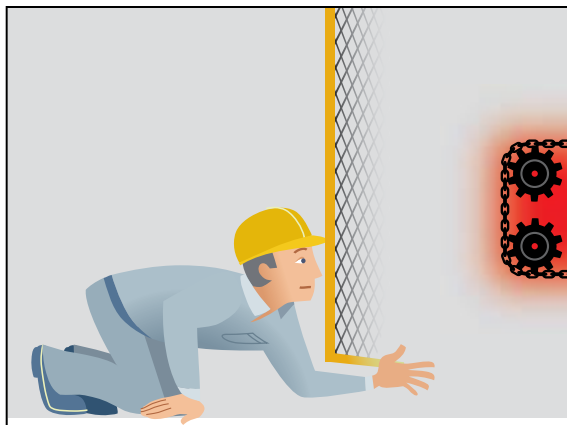


Figure 25. Atteinte par-dessous d'un protecteur

Attention !

L'accès aux ouvertures en dessous des protecteurs est souvent possible avec les membres inférieurs et supérieurs.

Pour éviter de créer des ouvertures sous le protecteur ou pour limiter la taille de ces ouvertures, il faut d'abord **éliminer à la source** les causes de nettoyage ou de récupération des pièces en réglant adéquatement la machine ou le procédé de production.

S'il est impossible d'éliminer les tâches de nettoyage ou de récupération, il faut tenter de les rendre sécuritaires en dirigeant automatiquement les matériaux ou les pièces accumulés à l'extérieur de la zone protégée par le protecteur. Sinon, il faut les rapprocher le plus possible du protecteur ou les éloigner le plus possible de la zone dangereuse. Des panneaux inclinés peuvent être utilisés pour diriger la chute des matériaux ou des pièces. Le nettoyage et le ramassage pourront alors se faire en dehors de la zone dangereuse sans qu'il soit nécessaire d'arrêter la machine.

Si l'appréciation du risque permet de déterminer l'existence d'un risque uniquement pour les membres inférieurs, la distance de sécurité « ds » minimale doit être tirée du tableau 9. S'il est admis que les membres supérieurs peuvent aussi y accéder, il faut se référer aux tableaux du point 4.3.1 (tableaux 6, 7 ou 8).

Tableau 9. Ouverture et distance de sécurité « ds » pour les membres inférieurs uniquement (selon la norme ISO 13857:2019 [3])

Partie du membre inférieur	Illustration	Ouverture (mm)	Distance de sécurité « ds » (mm)	
			Fente	Carrée ou ronde
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
		$60 < e \leq 80$	≥ 650	≥ 180
Jambe jusqu'au genou		$80 < e \leq 95$	≥ 1100	≥ 650
Jambe jusqu'à l'entrejambe		$95 < e \leq 180$	≥ 1100	≥ 1100
		$180 < e \leq 240$	Interdit	≥ 1100

* Si la longueur de l'ouverture en forme de fente est ≤ 75 mm, la distance de sécurité peut être ≥ 50 mm.

Dans le cas de machines mobiles qui se déplacent sur des surfaces inégales (agriculture, construction, forêt, etc.), il est difficile de garantir la hauteur de l'ouverture « e » sous le protecteur. Pour ces machines, il faut utiliser des structures de protection complémentaires afin de restreindre la liberté des membres inférieurs. Cependant, ces structures peuvent ne pas permettre une protection adéquate en toutes circonstances (ex. glissade ou mauvais usage raisonnablement prévisible). Il faut consulter la norme de type C pertinente à la machine mobile pour valider l'aménagement d'une structure de protection complémentaire.

SECTION 5

PROTECTION DES ANGLES RENTRANTS

Les angles rentrants, aussi appelés « zones de convergence », « points rentrants » ou « points d'infléchissement », sont des zones dangereuses dans lesquelles les parties du corps peuvent être entraînées ou écrasées. Les angles rentrants peuvent être nombreux sur les machines (convoyeurs, presses à imprimer, machines à papier, etc.).

5.1 Formation des angles rentrants

Les angles rentrants peuvent être formés [7] en présence des configurations suivantes :

- des cylindres en contact (ou très proches) tournant en sens opposés (voir la figure 26) ;
- une paire de cylindres sans contact (voir la figure 27) ;
- un cylindre proche d'un objet fixe (voir la figure 28) ;
- un cylindre sur lequel s'enroule le matériau (voir la figure 29) ;
- un pignon en contact avec une chaîne ou une poulie en contact avec une courroie.

Des cylindres en contact, motorisés ou non, créent un angle rentrant pouvant entraîner la travailleuse ou le travailleur qui accède à la zone dangereuse.

Le risque d'écrasement est d'autant plus élevé lorsque le diamètre des cylindres est grand, lorsque l'adhérence de la partie du corps (ex. peau, cheveux) ou du vêtement exposé est importante et lorsque la pression exercée par les rouleaux est grande.



Figure 26. Angle rentrant formé par deux cylindres en contact

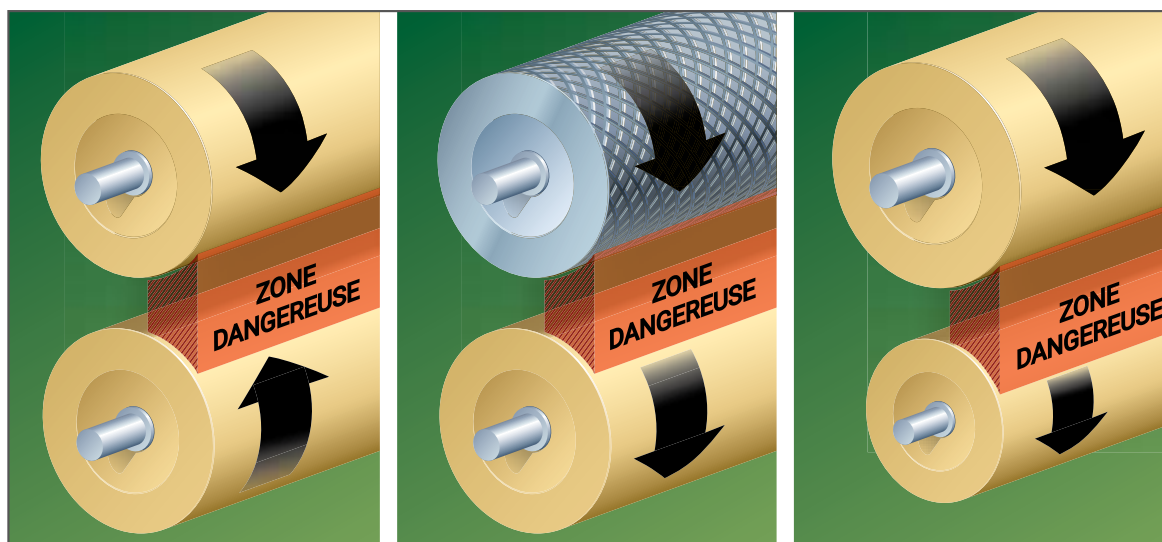


Figure 27. Angles rentrants formés par deux cylindres sans contact (identiques, ayant un revêtement différent ou un diamètre différent)

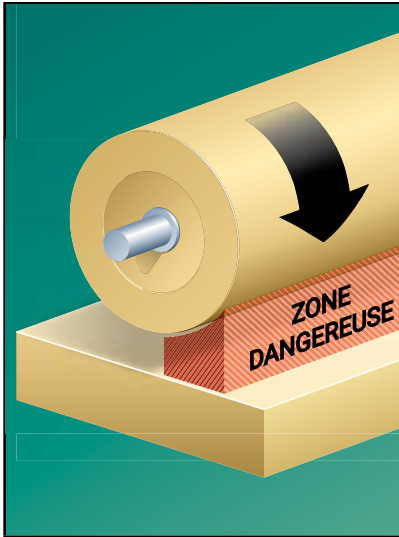


Figure 28. Angle rentrant formé par un cylindre proche d'un objet fixe

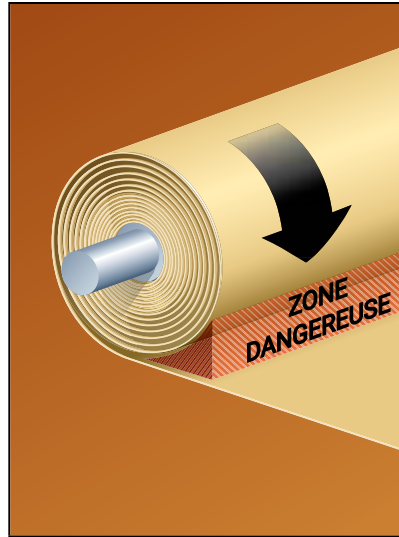


Figure 29. Angle rentrant formé par l'enroulement du matériel

Une paire de cylindres sans contact tournant dans des sens contraires ou une paire de cylindres sans contact tournant dans le même sens¹³ et ayant des vitesses circonférentielles différentes ou des coefficients de friction différents créent un angle rentrant susceptible d'entraîner la travailleuse ou le travailleur qui accède à la zone de convergence ou dangereuse.

De même, un cylindre tournant près d'une partie fixe crée un angle rentrant pouvant entraîner la travailleuse ou le travailleur qui accède à la zone de convergence.

Enfin, un cylindre en contact avec une courroie (convoyeur, courroie de transmission, chaîne, etc.) ou avec le matériau utilisé (feuille de papier ou de métal, tissu, etc.) crée aussi un angle rentrant, ou deux angles rentrants si le cylindre peut tourner dans les deux sens.

Dès l'étape de la conception, en appliquant la hiérarchie des mesures de réduction du risque énoncées à la figure 1, il peut être possible de **supprimer** la zone de convergence de l'**angle rentrant par prévention intrinsèque**, par exemple, en remplaçant le rouleau par un patin de glissement.

À l'étape de la conception, s'il est impossible d'éliminer l'angle rentrant, d'autres solutions peuvent être envisagées. Par exemple, pour deux convoyeurs utilisés en série, un écartement d'au moins 120 mm entre les deux convoyeurs élimine le risque d'entraînement des mains et des bras. Dans un tel cas, **l'ajout d'un cylindre escamotable** peut être nécessaire pour prévenir la chute du matériel convoyé. La force suggérée pour déplacer ce cylindre escamotable doit être inférieure à 110 N [16] (voir la figure 30) pour que ce cylindre ne crée pas de nouveaux risques.

13. Aucun angle rentrant n'est créé entre deux cylindres identiques tournant dans le même sens à la même vitesse.

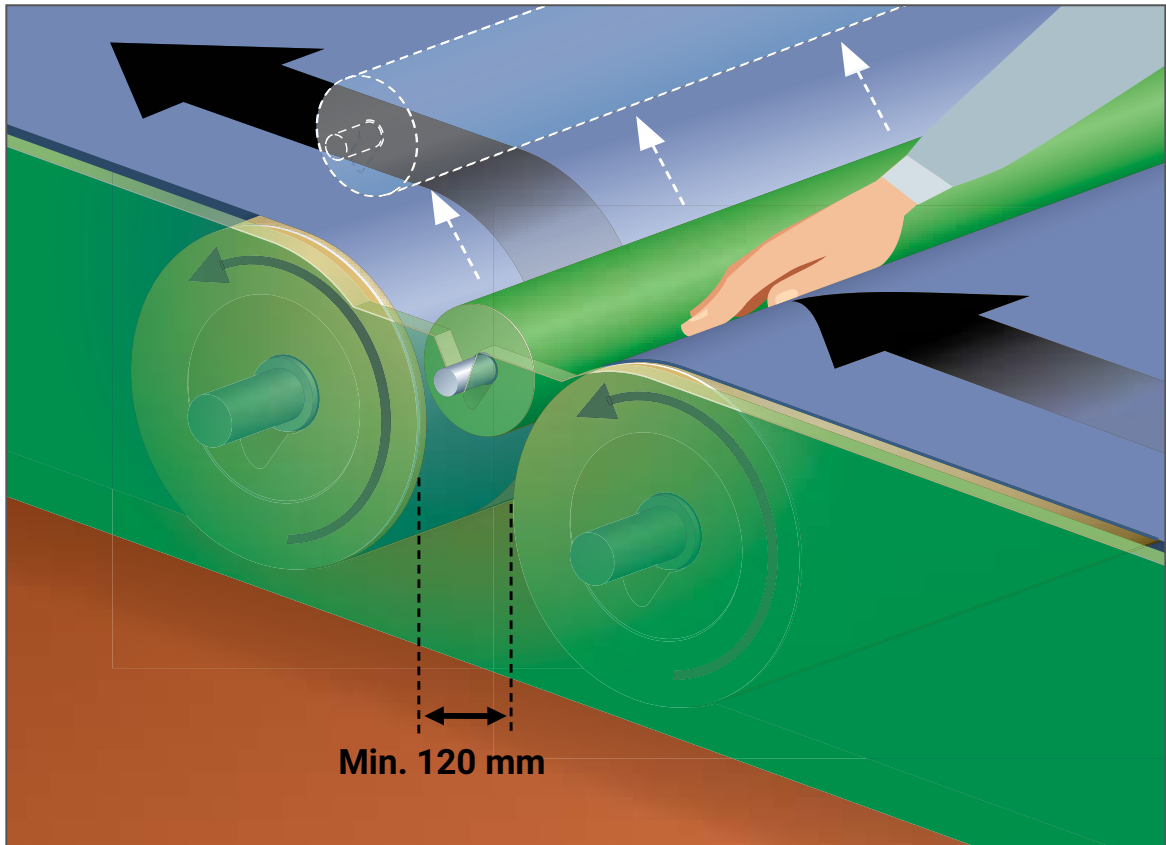


Figure 30. Utilisation d'un cylindre escamotable à la jonction de deux convoyeurs

Ensuite, lorsque les mesures de prévention intrinsèques ne permettent pas de supprimer le phénomène dangereux, des mesures de protection, telles que des protecteurs fixes, doivent être mises en place pour empêcher l'accès aux zones dangereuses constituées par des angles rentrants. L'utilisation d'un protecteur fixe enveloppant est à privilégier pour protéger les travailleuses et travailleurs des phénomènes dangereux. Enfin, il est possible d'utiliser un protecteur fixe d'angle rentrant si le risque résiduel est acceptable ou si le protecteur fixe enveloppant n'est pas compatible avec les fonctions de la machine ou avec les activités des travailleuses et travailleurs. Toutefois, le protecteur d'angle rentrant doit être bien conçu pour éviter que soit créée une zone dangereuse supplémentaire. Le recours à un protecteur fixe d'angle rentrant peut s'avérer inefficace ou dangereux pour certaines applications. Par exemple, l'utilisation d'un tel protecteur sur une courroie crantée est à proscrire.

De plus, des dispositifs de protection qui arrêtent la machine immédiatement (avant que la travailleuse ou le travailleur atteigne la zone dangereuse) peuvent aussi être utilisés pour empêcher l'accès à la zone dangereuse des angles rentrants (ex. barre d'arrêt, barre sensible¹⁴ ou barrage immatériel).

14. Par exemple, pour le secteur de l'imprimerie, voir les normes EN 1010-1 + A1 :2011 [7] et ANSI B65.1-2011 [17].

5.2 Délimitation de la zone d'entraînement

Tous les angles rentrants créent une zone dangereuse, aussi appelée « zone d'entraînement » ou « zone de convergence », dont la profondeur « p » varie en fonction du diamètre des cylindres (voir la figure 31).

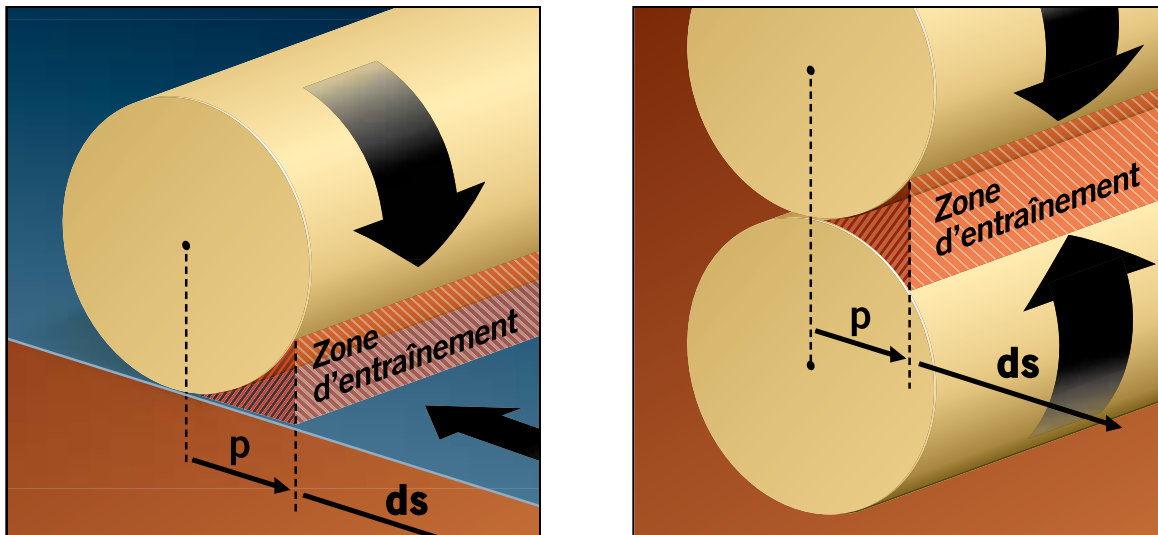


Figure 31. Périmètre de la zone d'entraînement

Dans le cas de deux cylindres en contact (voir la figure 32), la zone dangereuse correspond au volume en forme de coin (en rouge) dont la hauteur est de 10 mm [18] compris entre les deux cylindres. Plus les rouleaux seront grands, plus la profondeur de la zone d'entraînement sera grande.

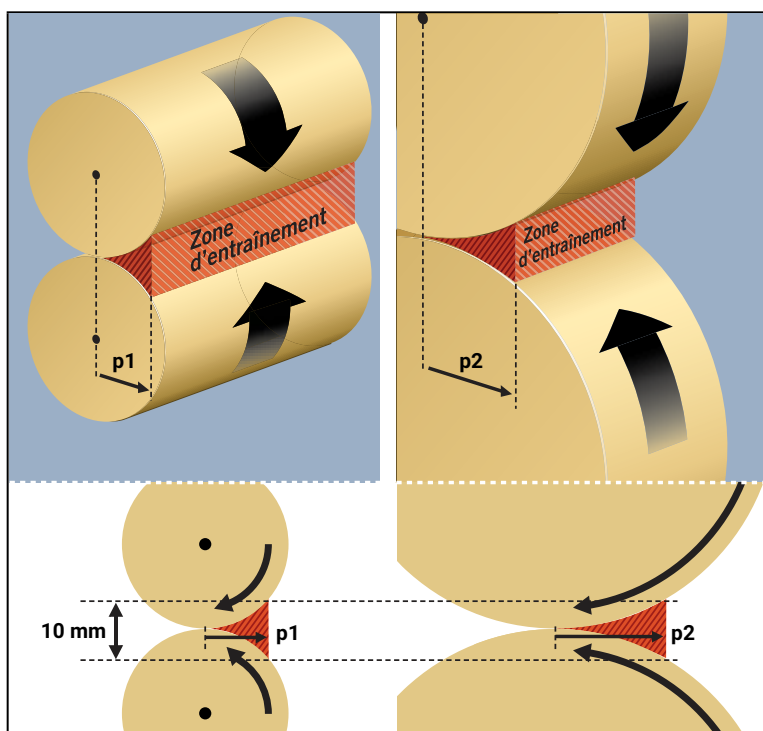


Figure 32. Angle rentrant formé par deux cylindres en contact

La profondeur de la zone d'entraînement « p1 » ou « p2 » est déterminée par la hauteur de 10 mm et par le diamètre des cylindres. La distance de sécurité « ds » doit alors être mesurée par rapport à l'extrémité accessible de cette zone d'entraînement (appelée « périmètre de la zone d'entraînement »), et non par rapport à l'axe des cylindres de l'angle rentrant (voir la figure 31).

Dans le cas d'une bobineuse (voir la figure 29) ou d'un cylindre en contact avec une courroie (voir la figure 33), la zone dangereuse est constituée du triangle compris entre le cylindre et la bande dont la hauteur est de 10 mm.

Dans le cas de deux cylindres en contact avec une bande de matériau (tissu, acier, courroie, matériau laminé, etc.), la zone d'entraînement est composée de deux parties (voir la figure 34), l'une en dessous de la bande et l'autre, au-dessus.

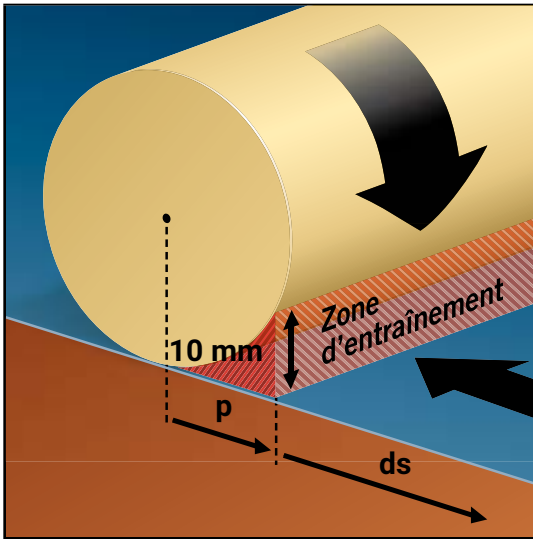


Figure 33. Angle rentrant formé par un cylindre en contact avec une courroie

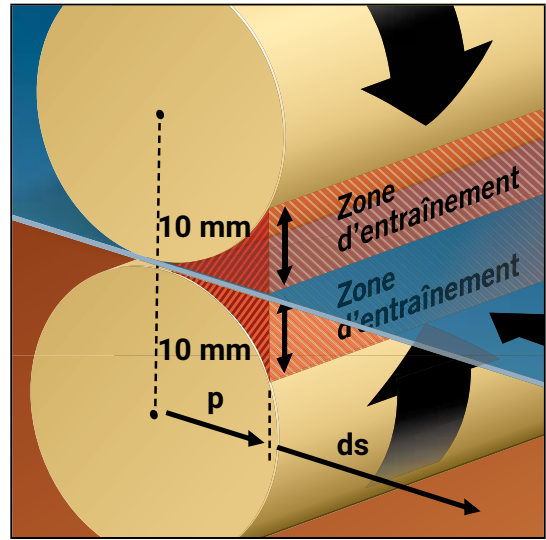


Figure 34. Angle rentrant formé par deux cylindres en contact avec une bande

Dans le cas de deux cylindres sans contact (voir la figure 35) ou d'un cylindre proche d'une partie fixe, la profondeur de la zone d'entraînement varie en fonction des paramètres suivants :

- diamètre des cylindres ; et
- écartement entre les cylindres ; ou
- écartement entre le cylindre et la partie fixe.

Ainsi, il est possible que la profondeur de la zone d'entraînement soit nulle (« p » = 0), et donc que le périmètre de la zone d'entraînement soit confondu avec l'axe des cylindres si l'écartement dépasse 10 mm.

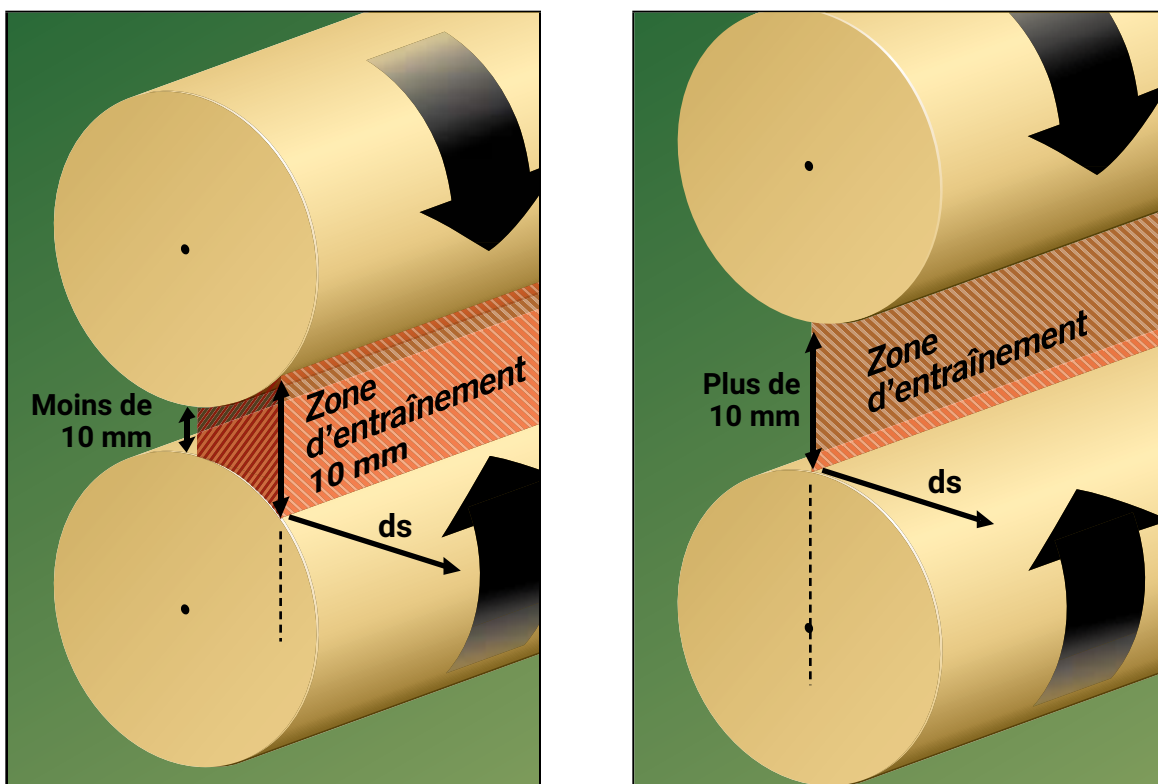


Figure 35. Angle rentrant formé par deux cylindres sans contact

5.3 Prévention à l'étape de la conception

L'entraînement de la main, du bras ou du corps entier entre deux cylindres sans contact (voir la figure 36) ou entre un cylindre proche d'une partie fixe (voir la figure 37) peut être empêché à l'étape de la conception. Si la distance entre les deux éléments est au minimum de 120 mm, 150 mm ou 500 mm (ISO 11111-1:2016) [19], l'angle rentrant ne sera plus considéré comme dangereux pour la main et le bras (120 mm pour la main et 150 mm pour le bras) ou pour le corps entier (500 mm), excepté s'il s'agit de cylindres de très grand diamètre. Il faut cependant prévoir un autre moyen de protection pour limiter l'accès à la zone dangereuse par le corps si l'écartement est de moins de 500 mm. Pour cela, une analyse du risque doit être réalisée pour que les gains de sécurité et les risques résiduels soient bien appréciés.

Si la protection par écartement n'est pas possible ou si le risque résiduel (d'abrasion, de brûlure, d'entraînement, etc.) n'est pas acceptable, il faut utiliser un protecteur fixe d'angle rentrant (voir le point 5.4) ou une protection par éloignement (voir la section 4) ou toute autre protection collective (protecteurs avec dispositifs de protection ou dispositifs de protection).



Figure 36. Prévention à l'étape de la conception pour deux cylindres sans contact



Figure 37. Prévention à l'étape de la conception pour un cylindre et une partie fixe

5.4 Généralités sur l'utilisation des protecteurs fixes d'angle rentrant

Les protecteurs fixes d'angle rentrant (voir la figure 38) ont un seul rôle, soit d'empêcher l'accès à la zone d'entraînement. Ils doivent, dans la mesure du possible, remplir la zone d'entraînement¹⁵ et être suffisamment rigides¹⁶ pour qu'ils ne se déforment pas. L'angle entre le protecteur et le cylindre (ou la courroie ou le matériau entraîné par le cylindre) doit être d'au moins 60° et idéalement de 90° (ANSI B11.19-2019) [18]. Toutefois, pour limiter les risques de coincement, d'abrasion et de brûlure, cet angle devrait être d'au moins 90°. Par ailleurs, le jeu entre le protecteur et le cylindre ou la courroie doit être le plus faible possible (5 mm au maximum [16]).

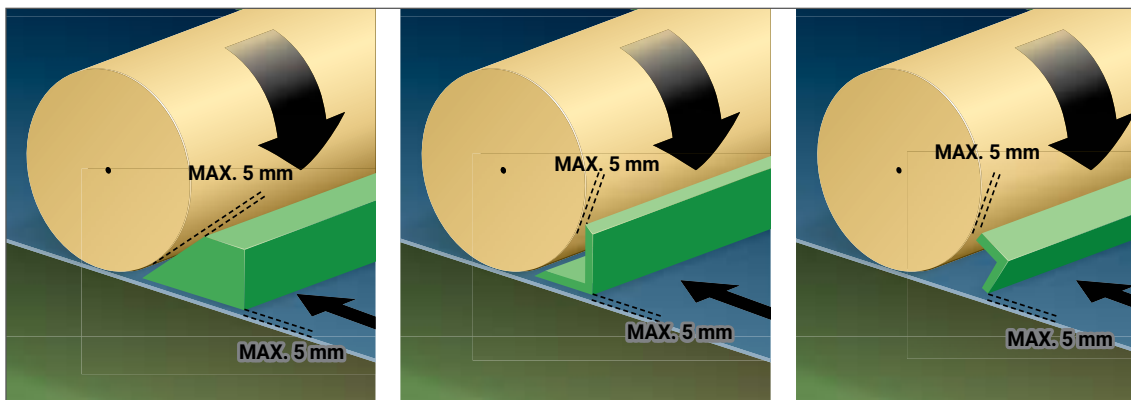


Figure 38. Protecteur d'angle rentrant – Espacement et géométrie

Attention !

Les protecteurs fixes d'angle rentrant ne protègent pas contre les risques de coincement entre le protecteur et le cylindre ou la courroie ni contre les risques d'abrasion ou de brûlure. De plus, ils n'offrent pas une protection adéquate contre les risques d'entraînement des cheveux ou des vêtements. Au moment de l'analyse du risque, il faut prendre en compte le fait que le risque d'entraînement augmente avec le diamètre des rouleaux, leur rugosité et leur vitesse de rotation ainsi qu'en fonction des vêtements ou des équipements de protection individuelle portés (ex. gants).

Les protecteurs d'angle rentrant conviennent particulièrement aux cylindres, aux tambours et aux rouleaux dont la paroi est lisse et complète. Ils peuvent être utilisés avec une courroie lisse, plate ou en auge, dans la mesure où ils suivent le profil de la courroie et où la courroie est bien tendue et où elle ne vibre pas.



L'utilisation d'un protecteur d'angle rentrant est interdite :

- s'il est impossible de conserver le jeu maximal de 5 mm entre le protecteur et la surface du cylindre et de la courroie ;
- si le cylindre ou la courroie n'est pas lisse (nervures, picots, aspérités, rainures, cannelures, caoutchouc gaufré, tissu abrasif, etc.).¹⁷

15. Il ne faut pas oublier qu'il est possible d'accéder à la zone d'entraînement par les côtés de l'angle rentrant.

16. Voir l'article 8.1.1.1 ou 8.9.1 de la norme ANSI B11.19-2019 [18].

17. Par exemple, pour l'industrie textile, voir la norme ISO 11111-1:2016 [19].

5.4.1 Protection de deux cylindres en contact

Le protecteur d'angle rentrant doit empêcher totalement l'accès à la zone dangereuse, tant de face que sur les côtés. Il se situe à la distance de sécurité « ds » du début de la zone d'entraînement. La distance de sécurité « ds » dépend de la dimension « e » et de la forme de l'ouverture (voir la section 4.3 pour les ouvertures en forme de fente). La figure 39 illustre plusieurs formes de protecteur d'angle rentrant acceptables pour protéger deux cylindres en contact. L'utilisation d'une barre cylindrique est à proscrire.

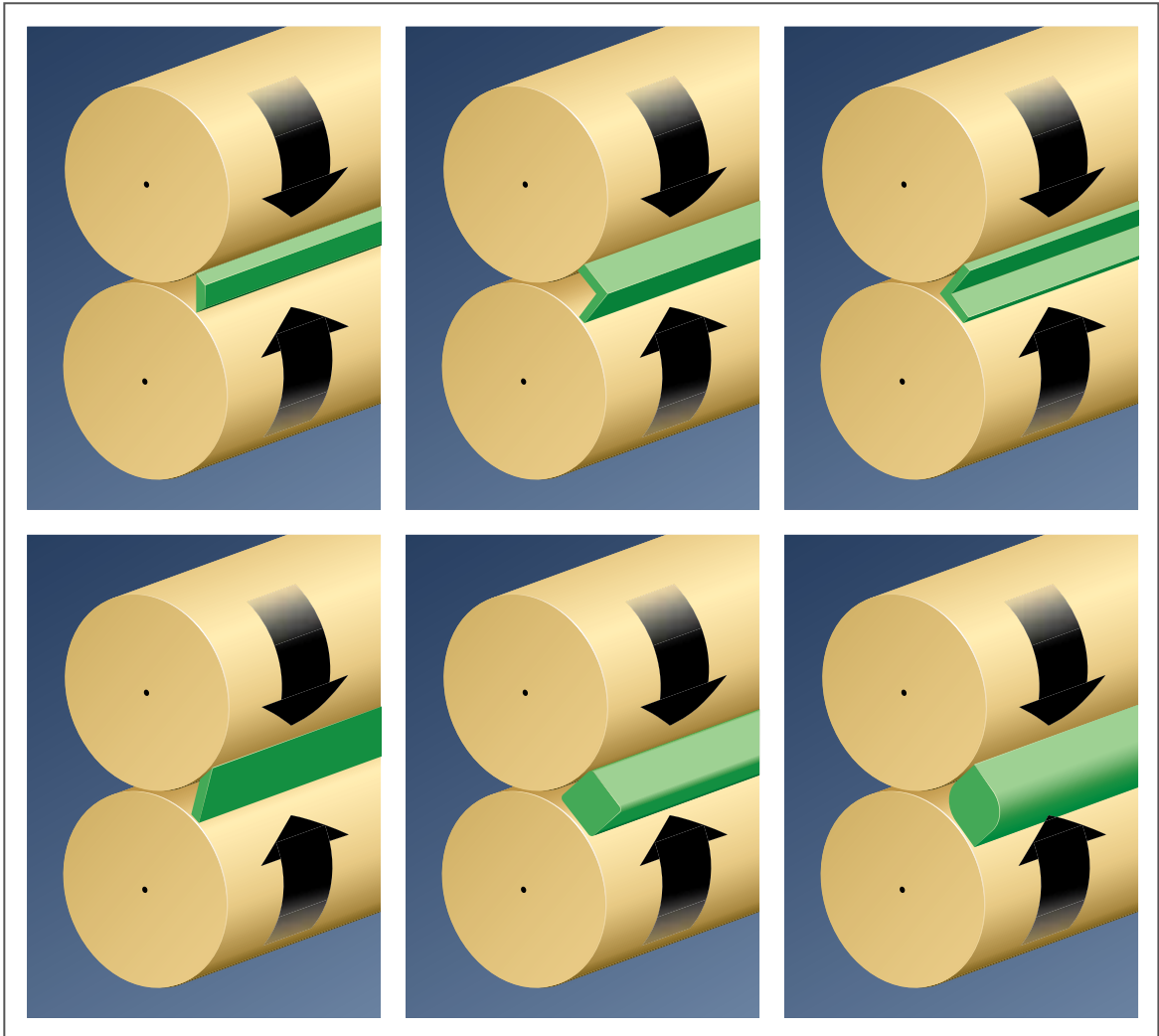


Figure 39. Protecteur d'angle rentrant pour deux cylindres en contact [17]

5.4.2 Protection d'un cylindre en contact avec une surface plane fixe

Le protecteur d'angle rentrant doit se situer à la distance de sécurité « ds » de la zone d'entraînement (voir la figure 40). Les données relatives à la distance de sécurité « ds » sont précisées à la section 4.3. Il ne faut pas oublier de tenir compte de l'épaisseur du matériau pour déterminer la hauteur « e » de l'ouverture ni de vérifier si la distance de sécurité « ds » est suffisante lorsque le matériau n'est pas présent.

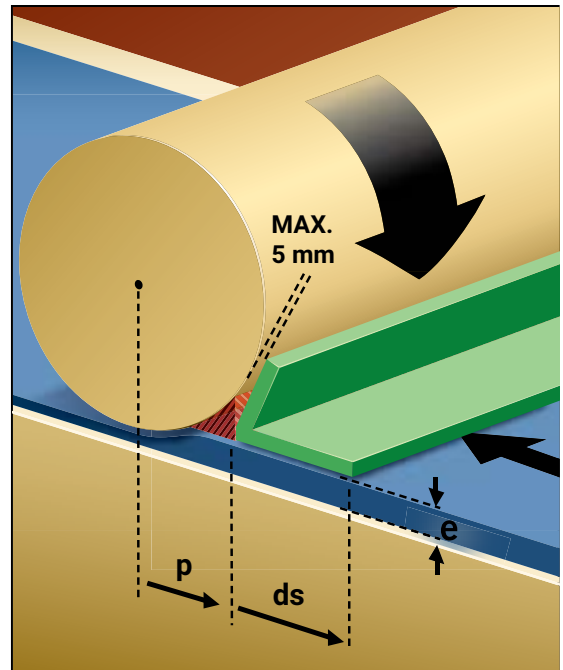


Figure 40. Protecteur d'angle rentrant pour un cylindre en contact avec une surface plane fixe

5.4.3 Protection d'un cylindre en contact avec une courroie ou une partie plane mobile

Les protecteurs d'angle rentrant peuvent être constitués d'éléments pleins profilés (voir la figure 41) ou de déflecteurs inclinés avec plaques latérales. Dans le cas des convoyeurs, il est suggéré de consulter les normes ou les guides spécifiques à ces machines.

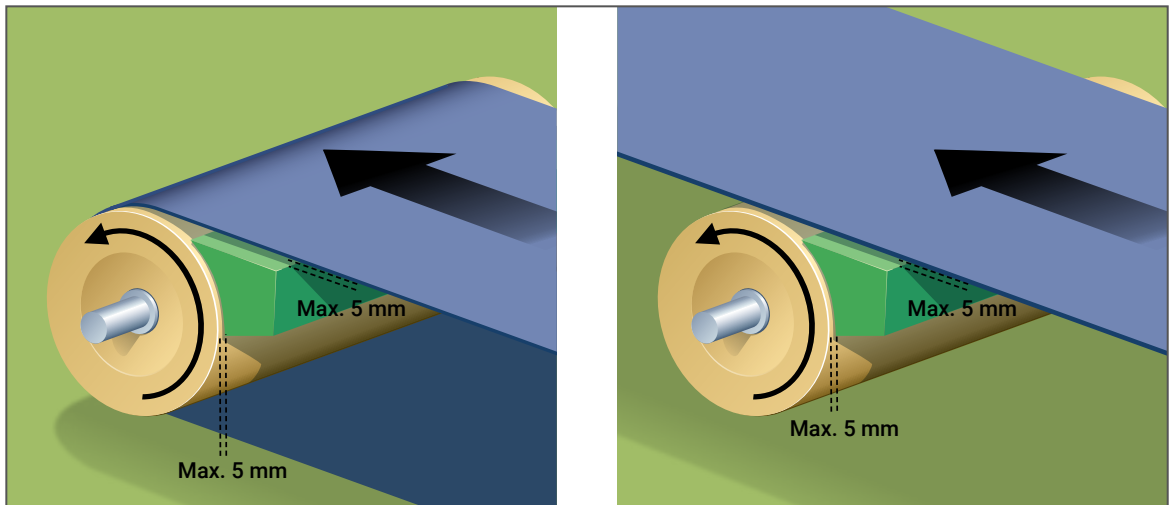


Figure 41. Protecteurs d'angle rentrant pour un cylindre en contact avec une courroie

ANNEXE A

EXEMPLES D'UTILISATION DES VALEURS INSCRITES AUX TABLEAUX 4 ET 5

EXEMPLE 1 – Calcul de la hauteur « b » d'un protecteur – dommages mineurs avec faible probabilité d'occurrence uniquement

Données initiales

La hauteur « a » de la zone dangereuse est de 1 450 mm et sa distance horizontale « c » par rapport au protecteur envisagé est de 700 mm.

Raisonnement

Il faut toujours choisir le protecteur assurant la plus grande sécurité. Puisque la hauteur « a » de la zone dangereuse ne figure pas directement dans le tableau 5 (pour les dommages mineurs avec faible probabilité d'occurrence), il faut tenir compte de la hauteur « a » inférieure la plus proche (1 400 mm) et de la hauteur « a » supérieure la plus proche (1 600 mm). Il faut ensuite trouver, pour chacune de ces deux hauteurs « a », les deux cases dans la même colonne qui permettent de respecter la distance de 700 mm (cases avec une valeur inférieure ou égale à 700 mm), puis lire la valeur « b » de la hauteur du protecteur en haut de la colonne.

- Pour la ligne « a = 1 600 mm » : comme la distance « c » envisagée est de 700 mm, on recherche la première case en partant de la gauche avec une valeur inférieure ou égale à 700 mm. Cela donne la valeur de 500 mm pour une hauteur « b » de 1 800 mm.
- Pour la ligne « a = 1 400 mm » : comme la distance « c » envisagée est de 700 mm, on recherche la première case en partant de la gauche avec une valeur inférieure ou égale à 700 mm. Cela donne la valeur de 100 mm pour une hauteur « b » de 1 800 mm.

Dans les deux cas, on obtient une hauteur « b » minimale de 1 800 mm. Si les deux premières cases avec une valeur inférieure ou égale à 700 mm avaient été dans des colonnes différentes, il aurait fallu choisir la colonne de droite avec les deux cases qui respectent la condition « c = 700 mm ».

Solution

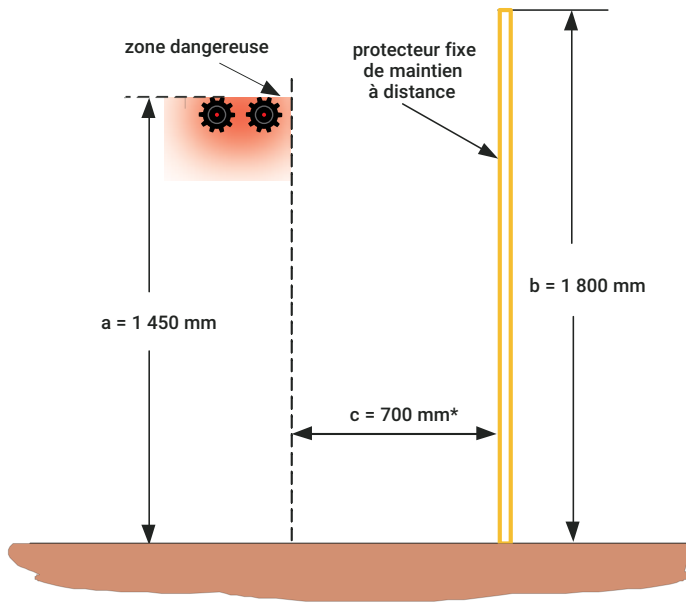
La hauteur minimale du protecteur fixe de maintien à distance « b » est donc de 1 800 mm lorsque la hauteur « a » de la zone dangereuse est de 1 450 mm et que sa distance horizontale « c* » par rapport au protecteur est de 700 mm (voir la figure A-1).

Exemple 1 – Extrait du tableau 5						
Hauteur de la zone dangereuse « a » (mm)	Hauteur du protecteur fixe de maintien à distance « b » (mm)					
	1 400	1 600	1 800	2 000	2 200	2 400
	Distance horizontale par rapport à la zone dangereuse « c »* (mm)					
2 500	0	0	0	0	0	0
2 400	100	100	100	100	100	100
2 200	500	500	400	350	250	–
2 000	700	600	500	350	–	–
1 800	900	900	600	–	–	–
1 600	900	900	500	–	–	–
1 400	900	800	100	–	–	–
1 200	900	500	–	–	–	–

Dans ces deux cases, les distances minimales sont de 800 mm et 900 mm, donc supérieures aux 700 mm disponibles.

Cette case se lit comme suit :
Pour une hauteur de la zone dangereuse « a » de 1 600 mm, un protecteur d'une hauteur « b » de 1 800 mm doit être à minimum 500 mm (distance « c »).

* Attention : La distance « c » est assez grande pour permettre qu'une personne puisse se tenir entre le protecteur de maintien à distance et la zone dangereuse. Cette possibilité doit être prise en considération au moment du choix du protecteur de maintien à distance (voir la section 4.2).



Une fois la hauteur du protecteur trouvée, il faut vérifier si c'est toujours la même partie de la zone dangereuse qui est la plus accessible (ici, le haut de la zone dangereuse). Sinon, il faut refaire le processus en modifiant la hauteur de la zone dangereuse.

Figure A1. Protecteur fixe de maintien à distance – Solution pour l'exemple 1

Si la distance horizontale « c* » entre la zone dangereuse et le protecteur envisagé peut être augmentée à plus de 900 mm, la hauteur minimale du protecteur pourrait alors être de 1 400 mm.

Exemple 1 – Extrait du tableau 5						
Hauteur de la zone dangereuse « a » (mm)	Hauteur du protecteur fixe de maintien à distance « b » (mm)					
	1 400	1 600	1 800	2 000	2 200	2 400
	Distance horizontale par rapport à la zone dangereuse « c »** (mm)					
2 500	0	0	0	0	0	0
2 400	100	100	100	100	100	100
2 200	500	500	400	350	250	–
2 000	700	600	500	350	–	–
1 800	900	900	600	–	–	–
1 600	900	900	500	–	–	–
1 400	900	800	100	–	–	–
1 200	900	500	–	–	–	–
1 000	900	300	–	–	–	–

* Attention : La distance « c » est assez grande pour permettre qu'une personne puisse se tenir entre le protecteur de maintien à distance et la zone dangereuse. Cette possibilité doit être prise en considération au moment du choix du protecteur de maintien à distance (voir le point 4.2).

EXEMPLE 2 – Calcul de la distance horizontale « c » entre le protecteur et la zone dangereuse – dommages mineurs avec faible probabilité d'occurrence uniquement

Données initiales

La hauteur « b » du protecteur est de 1 500 mm et la hauteur « a » de la zone dangereuse est de 2 100 mm.

Raisonnement

Dans le tableau 5 (pour les dommages mineurs avec faible probabilité d'occurrence), il faut considérer les distances « c » permises lorsque la hauteur du protecteur est de 1 400 mm et de 1 600 mm (les dimensions immédiatement inférieures et supérieures à 1 500 mm) et que la zone dangereuse est située à 2 000 mm et 2 200 mm. Il faut ensuite retenir la distance la plus sécuritaire, soit la distance la plus grande.

Solution

La distance horizontale « c* » minimale entre la zone dangereuse et le protecteur est donc de 700 mm lorsque la hauteur « b » du protecteur est de 1 500 mm et que la hauteur « a » de la zone dangereuse est de 2 100 mm (voir la figure A-2).

Exemple 2 – Extrait du tableau 5						
Hauteur de la zone dangereuse « a » (mm)	Hauteur du protecteur fixe de maintien à distance « b » (mm)					2 400
	1 400	1 600	1 800	2 000	2 200	
	Distance horizontale par rapport à la zone dangereuse « c »** (mm)					
2 500	0	0	0	0	0	0
2 400	100	100	100	100	100	100
2 200	500	500	400	350	250	–
2 000	700	600	500	350	–	–
1 800	900	900	600	–	–	–
1 600	900	900	500	–	–	–
1 400			100	–	–	–

Il faut rechercher dans les quatre cases la valeur la plus grande, soit 700 mm dans ce cas.

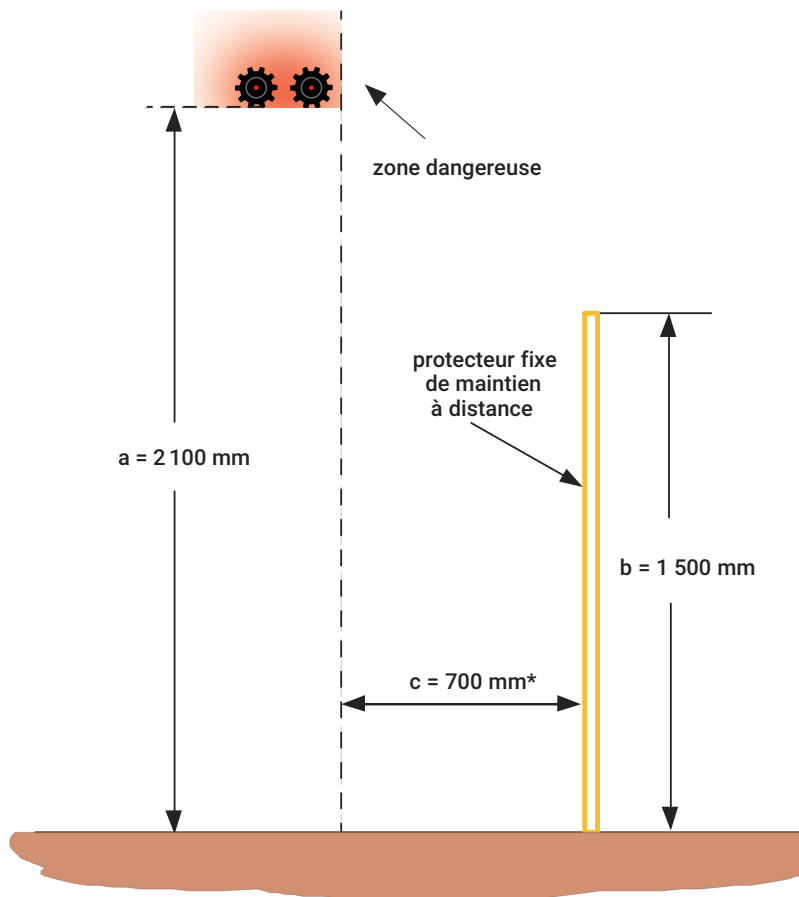


Figure A2. Protecteur fixe de maintien à distance – Solution pour l'exemple 2

* Attention : La distance « c » est assez grande pour permettre qu'une personne puisse se tenir entre le protecteur de maintien à distance et la zone dangereuse. Cette possibilité doit être prise en considération au moment du choix du protecteur de maintien à distance (voir le point 4.2).

EXEMPLE 3 – Calcul de la hauteur « a » admissible pour la zone dangereuse – accès par-dessus les structures de protection

Données initiales

La hauteur « b » du protecteur est de 1 700 mm et la distance horizontale « c » par rapport à la zone dangereuse est de 850 mm.

Raisonnement

Comme aucune information n'est donnée sur le risque, il faut utiliser les données du tableau 4 (pour les cas généraux), puis tenir compte des distances horizontales « c » admissibles lorsque la hauteur des protecteurs est de 1 600 mm et 1 800 mm. Les distances « c » admissibles étant plus grandes pour un protecteur de 1 600 mm de haut, on peut se baser uniquement sur ces chiffres, puisqu'il faut toujours retenir la distance la plus sécuritaire.

Il faut alors vérifier parmi les valeurs de « c » celles qui sont inférieures ou égales à 850 mm. La zone dangereuse peut être située aux hauteurs « a » correspondantes.

Solution

La zone dangereuse doit être située à moins de 1 000 mm ou à plus de 2 400 mm lorsque la hauteur « b » du protecteur est de 1 700 mm et que la distance horizontale « c* » par rapport à la zone dangereuse est de 850 mm.

Il sera même possible de réduire la distance « c » de 850 mm à 800 mm selon les indications données au tableau 4 tout en assurant la sécurité. De plus, lorsque le signe « - » est inscrit dans une case du tableau (ex. lorsque la zone dangereuse est située à une hauteur « a » inférieure à 600 mm), il faut séparer la zone dangereuse du protecteur d'une distance qui est fonction de la taille des ouvertures « e » de ce dernier. La distance minimale « ds » entre la zone dangereuse et le protecteur est de 2 mm, selon la norme ISO 13857 [3], même si le protecteur ne comporte pas d'ouverture.

Exemple 3 – Extrait du tableau 4

Hauteur de la zone dangereuse « a » (mm)	Hauteur du protecteur fixe de maintien à distance « b » (mm)			
	1 400*	1 600	1 800	2 000
	Distance horizontale par rapport à la zone dangereuse « c »** (mm)			
2 700	0	0	0	0
2 600	700	600	600	500
2 400	900	800	700	600
2 200	1 000	900	800	600
2 000	1 100	900	800	600
1 800	1 100	900	800	600
1 600	1 100	900	800	500
1 400	1 100	900	800	-
1 200	1 100	900	700	-
1 000	1 000	800	-	-
800	900	600	-	-
600	800	-	-	-
400	400	-	-	-
200	-	-	-	-
0	-	-	-	-

* Attention : La distance « c » est assez grande pour permettre qu'une personne puisse se tenir entre le protecteur de maintien à distance et la zone dangereuse. Cette possibilité doit être prise en considération au moment du choix du protecteur de maintien à distance (voir le point 4.2).

ANNEXE B

DISTANCES DE SÉCURITÉ POUR UNE PERSONNE DE MOINS DE 14 ANS

Ce tableau prend en compte les plus petites dimensions associées à l'épaisseur des membres supérieurs ainsi qu'au comportement des personnes âgées de trois ans et plus.

Attention !

Les valeurs limites présentées dans ce tableau sont différentes des valeurs limites spécifiées au tableau 6.

- La taille « e » maximale d'une ouverture passe de 120 mm à 100 mm.
- La distance « ds » maximale passe de 850 mm à 900 mm.
- La longueur de la fente pour une exception passe de 65 mm à 40 mm.

Tableau 10. Ouverture et distance de sécurité « ds » – 3 ans et plus

(selon les données du tableau 5 de la norme ISO 13857 [3])

Je connais ma DISTANCE de sécurité donc je cherche mon ouverture		Je connais mon OUVERTURE donc je cherche ma distance de sécurité	
Distance de sécurité « ds » (mm)	Ouverture maximale possible « e » (mm)	Ouverture « e » (mm)	Distance minimale de sécurité « ds » (mm)
Ouverture en forme de fente		Ouverture en forme de fente	
De 2 à 19,9	4	De 0 à 4	≥ 2
De 20 à 39,9	6	De 4,1 à 6	≥ 20
De 40 à 79,9	8	De 6,1 à 8	≥ 40
De 80 à 99,9	10	De 8,1 à 10	≥ 80
De 100 à 119,9	12	De 10,1 à 12	≥ 100
De 120 à 899,9	12 (si fente > 40 mm)	De 12,1 à 20	≥ 900 (si fente > 40 mm)
Exception (si fente ≤ 40 mm)*		Exception (si fente ≤ 40 mm)*	
De 120 à 899,9	20	De 12,1 à 20	≥ 120
900 et plus	100	De 20,1 à 100	≥ 900
Ouverture en forme de carré		Ouverture en forme de carré	
De 2 à 9,9	4	De 0 à 4	≥ 2
De 10 à 29,9	6	De 4,1 à 6	≥ 10
De 30 à 59,9	8	De 6,1 à 8	≥ 30
De 60 à 79,9	10	De 8,1 à 10	≥ 60
De 80 à 119,9	12	De 10,1 à 12	≥ 80
De 120 à 549,9	20	De 12,1 à 20	≥ 120
De 550 à 899,9	30	De 20,1 à 30	≥ 550
900 et plus	100	De 30,1 à 100	≥ 900
Ouverture en forme de cercle		Ouverture en forme de cercle	
De 2 à 9,9	4	De 0 à 4	≥ 2
De 10 à 19,9	6	De 4,1 à 6	≥ 10
De 20 à 59,9	8	De 6,1 à 8	≥ 20
De 60 à 79,9	10	De 8,1 à 10	≥ 60
De 80 à 119,9	12	De 11,1 à 12	≥ 80
De 120 à 899,9	30	De 12,1 à 30	≥ 120
900 et plus	100	De 30,1 à 100	≥ 900

* Si la longueur de l'ouverture en forme de fente est inférieure ou égale à 40 mm, le pouce constitue un blocage et la distance de sécurité peut être réduite à 120 mm.

Pour les ouvertures supérieures à 100 mm, des distances de sécurité doivent être conformes aux valeurs indiquées aux tableaux 4 ou 5.

ANNEXE C EXEMPLE DE FIXATION IMPERDABLE

On doit prévoir des fixations imperdables lorsqu'il est prévu qu'un protecteur fixe soit retiré pour l'accomplissement d'activités de maintenance. Cette prescription vise à réduire les risques de perte des fixations lorsque les protecteurs sont déposés (retirés). Cette perte peut conduire tout d'abord à la non-remise en place des protecteurs, rendant ainsi la zone dangereuse facilement accessible. Si les protecteurs sont reposés, ils seront fixés partiellement ou avec des éléments de substitution n'ayant pas une résistance adéquate, de sorte que le protecteur pourrait ne pas assurer de façon adéquate sa fonction de protection, par exemple, lorsque la rétention des pièces éjectées est nécessaire. [4]

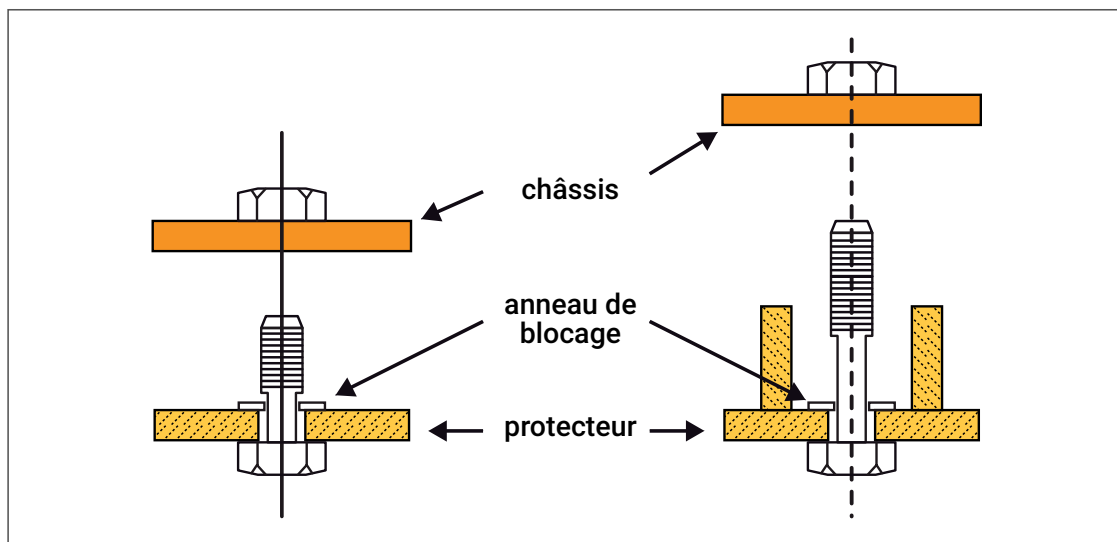


Figure C1. Exemple de fixations imperdables

RÉFÉRENCES

- [1] QUÉBEC. *Loi sur la santé et la sécurité du travail, RLRQ, chapitre S-2.1, à jour au 5 juin 2023*, [En ligne], 2023. (Consulté le 31 juillet 2023).
- [2] ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION. *Sécurité des machines – Principes généraux de conception – Appréciation et réduction du risque*, Genève, ISO, 2010, 82 p. (ISO 12100:2010).
- [3] ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION. *Sécurité des machines – Distances de sécurité empêchant les membres supérieurs et inférieurs d'atteindre les zones dangereuses*, 2^e édition, Genève, ISO 2019, 20 p. (ISO 13857:2019).
- [4] ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION. *Sécurité des machines – Protecteurs – Prescriptions générales pour la conception et la construction des protecteurs fixes et mobiles*, 2^e édition, Genève, ISO, 2015, 38 p. (ISO 14120:2015).
- [5] COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION. *Équipements et systèmes de manutention continue – Prescriptions de sécurité pour les transporteurs à courroie fixes pour produits en vrac*, Bruxelles, CEN, 2021, 66 p. (EN 620:2021).
- [6] ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION. *Sécurité des machines – Dispositifs de verrouillage associés à des protecteurs – Principes de conception et de choix*, 2^e édition, Genève, ISO 2013, 71 p. (ISO 14119:2013).
- [7] COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION. *Sécurité des machines – Prescriptions de sécurité pour la conception et la construction de machines d'impression et de transformation du papier – Partie 1: prescriptions communes*, Bruxelles, CEN, 2011, 54 p. (EN 1010-1+A1:2011).
- [8] ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION. *Sécurité des machines – Écartements minimaux pour prévenir les risques d'écrasement de parties du corps humain*, 2^e édition, Genève, ISO, 2017, 5 p. (ISO 13854:2017).
- [9] ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION. *Robots industriels et systèmes robotiques*, 3^e édition, Mississauga, CSA, 2014, 1 v. (CSA Z434-14).
- [10] ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION, et AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. *Code de sécurité sur les ascenseurs ou monte-charges et les escaliers mécaniques*, 5^e édition, Toronto, CSA, 2022, 2 v. (CSA B44-19) (ASME A17.1-2019).
- [11] COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION. *Sécurité des machines d'emballage – Partie 8, cerceuses*, Bruxelles, CEN, 2008, 70 p. (EN 415-8:2008).
- [12] ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION, et COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE. *Normalisation et activités connexes – Vocabulaire général*, 8^e édition, Genève, ISO, 2004, 60 p. (ISO/CEI Guide 2:2004).
- [13] ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION. *Protection des machines*, 3^e édition, Toronto, CSA, 2017, 180 p. (CSA Z432-16).
- [14] ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION. *Sécurité des machines*, Rexdale, ACNOR, 1994, 63 p. (CSA Z432-94).
- [15] ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION. *Protection des machines*, 2^e édition, Mississauga, CSA, 2004, 144 p. (CSA Z432-04).
- [16] STANDARDS AUSTRALIA, et STANDARDS NEW ZEALAND. *Safety of machinery. Part 3610, Conveyors – General requirements*, 2015, Sydney, AS, Wellington, NZS, 2015, 84 p. (AS/NZS 4024.3610:2015).
- [17] AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. *Graphic Technology – Safety Requirements for Graphic Technology Equipment and Systems – Part 1: General Requirements*, Reston, NPES, 2011, 92 p. (ANSI B65.1-2011).
- [18] AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. *Performance Requirements for Risk Reduction Measures: Safeguarding and other Means of Reducing Risk*, Houston, B11 Standards, 2019, 250 p. (ANSI B11.19-2019).
- [19] ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION. *Matériel pour l'industrie textile – Exigences de sécurité – Partie 1: Exigences communes*, 3^e édition, Genève, ISO, 2016, 76 p. (ISO 11111-1:2016).

Note : Certains de ces documents peuvent être consultés en ligne à cnesst.qc.ca. La majorité d'entre eux peuvent être consultés au Centre d'information scientifique et technique de la CNESST. Les documents de l'IRSST peuvent être consultés sur son site Internet.



Pour nous joindre
cnesst.gouv.qc.ca
1 844 838-0808