



Sécurité des machines
**GUIDE DU PROCESSUS
DE L'APPRÉCIATION
DU RISQUE**

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

Certains passages de ce guide sont tirés ou adaptés des normes *ISO 12100:2010, Sécurité des machines – Principes généraux de conception – Appréciation du risque et réduction du risque, ISO/TR 14121-2:2007, Sécurité des machines – Appréciation du risque – Partie 2 : Lignes directrices pratiques et exemples de méthodes* et *ISO/IEC Guide 2:2004, Normalisation et activités connexes – Vocabulaire général*. 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 l'ISO Store. 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, certains passages de ce guide sont tirés des normes du Groupe CSA, *CSA Z767:F17 (C2022), Gestion de la sécurité opérationnelle* et *CSA Z432-F16 (C2021), Protection des machines*. Ils ne constituent pas la position totale et officielle du Groupe CSA sur le sujet en question, laquelle position n'est exprimée que dans les Normes complètes. 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 des Normes 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 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, 2024

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2024

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives Canada, 2024

ISBN 978-2-550-96882-5 (PDF)

Février 2024

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

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	5
SECTION 1 L'APPRÉCIATION DU RISQUE.....	6
1.1 Analyse du risque	7
1.1.1 Déterminer les limites de la machine	8
1.1.2 Identifier les phénomènes dangereux et les situations dangereuses	13
1.1.2.1 Phénomènes dangereux	13
1.1.2.2 Situations dangereuses	19
a) Processus accidentel.....	19
b) Tâches reliées à la machine	22
1.1.3 Estimer le risque.....	24
1.1.3.1 Outil n° 1 – Matrice de risque avec deux paramètres	26
1.1.3.2 Outil n° 2 – Logigramme de risque.....	32
1.2 Évaluation du risque	38
SECTION 2 LA RÉDUCTION DU RISQUE	39
ANNEXE 1 – AIDE-MÉMOIRE – PHÉNOMÈNES, SITUATIONS, ÉVÉNEMENTS DANGEREUX ET DOMMAGES	43
ANNEXE 2 – GRILLES POUR L'APPRÉCIATION DU RISQUE	48
ANNEXE 3 – RÉFÉRENCES	50

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Processus d'appréciation et de réduction du risque de la machine basé sur la norme ISO 12100	6
Figure 2	Presse poinçonneuse hydraulique	9
Figure 3	Processus accidentel	19
Figure 4	Convoyeur impliqué dans un accident mortel	21
Figure 5	Éléments du risque.....	24
Figure 6	Outils d'estimation du risque présentés dans ce guide	25
Figure 7	Logigramme de risque à quatre paramètres	33

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Exemples de phénomènes dangereux selon le tableau B.1 de la norme ISO 12100....	13
Tableau 2	Exemples de phénomènes dangereux mécaniques ainsi que les conséquences et dommages qui y sont associés	15
Tableau 3	Exemples de situations dangereuses et d'événements dangereux	20
Tableau 4	Matrice de risque avec deux paramètres.....	26
Tableau 5	Niveaux de gravité - Outil n° 1	27
Tableau 6	Niveaux de probabilité.....	29
Tableau 7	Niveaux de gravité - Outil n° 2.....	34
Tableau 8	Fréquence d'exposition au phénomène dangereux	35
Tableau 9	Probabilité d'occurrence (basée sur la norme ISO 14121-2).....	36
Tableau 10	Possibilité d'évitement	37
Tableau 11	Exemples de phénomènes, de situations, d'événements dangereux et de dommages.....	43

INTRODUCTION

Les accidents qui surviennent lors de l'opération, de la réparation, du nettoyage ou de la maintenance d'une machine peuvent être évités si des mesures de prévention adéquates sont mises en place. L'appréciation du risque est un processus essentiel à l'amélioration de la sécurité d'une machine. Ce processus consiste en une série d'étapes visant à déterminer si une démarche de réduction du risque est nécessaire.

Inspiré des règles de l'art telles que les normes ISO 12100 – Appréciation du risque et réduction du risque et CSA Z432 – Protection des machines, ce guide décrit une démarche d'appréciation du risque sur des machines et présente des exemples pour faciliter la compréhension de cette démarche. Ce guide s'adresse aux milieux de travail ainsi qu'aux différents intervenants qui désirent entamer une démarche d'appréciation du risque sur des machines.

AVERTISSEMENTS – LIMITES ET USAGE DU GUIDE

Les exemples simplifiés décrits dans le présent guide sont fictifs et ne sont donnés qu'à titre indicatif. Face à une machine similaire à celle utilisée comme exemple, le milieu de travail doit faire sa propre démarche d'appréciation du risque.

Durant son cycle de vie, une machine passe par différentes phases : le transport, le montage et l'installation, la mise en service, l'utilisation, le démontage, la mise hors service et la mise au rebut. Par souci de simplification, le guide se limite à la phase de l'utilisation, mais la démarche d'appréciation du risque présentée est applicable aux autres phases du cycle de vie d'une machine.

1. L'APPRÉCIATION DU RISQUE

La norme ISO 12100 définit l'appréciation du risque comme suit :

ISO 12100

appréciation du risque

processus global d'analyse et d'évaluation du risque

L'appréciation du risque est composée de deux éléments : l'analyse du risque et l'évaluation du risque. L'analyse du risque permet de déterminer un niveau de risque pour chacune des situations dangereuses observées sur une machine, alors que l'évaluation du risque permet de déterminer s'il est nécessaire de réduire le risque.

Le logigramme suivant schématise les étapes de l'appréciation du risque, suivi par le processus de réduction du risque.

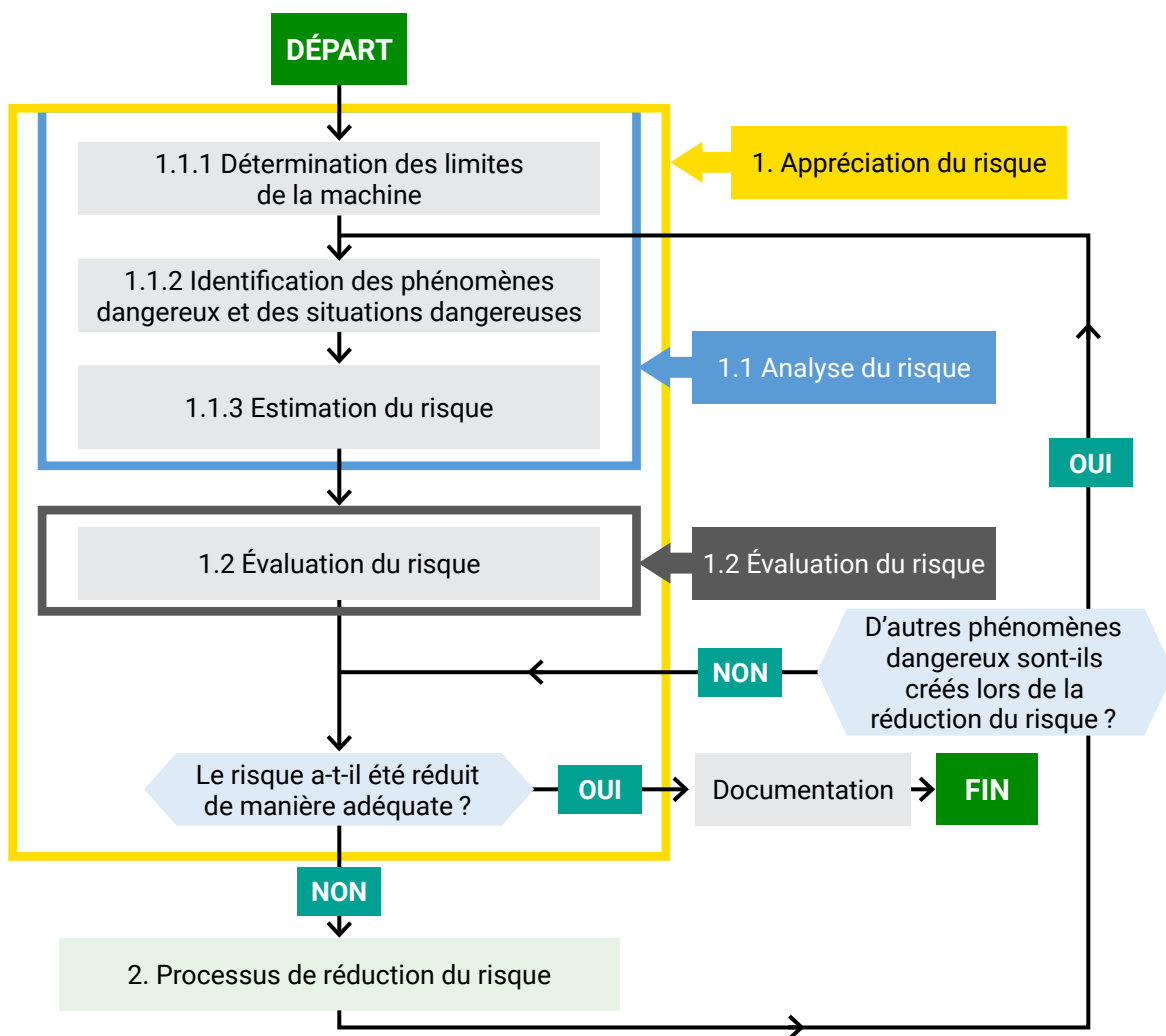


Figure 1 - Processus d'appréciation et de réduction du risque de la machine basé sur la norme ISO 12100

Pour apprécier les risques adéquatement, il est essentiel de libérer les ressources humaines, de faire participer les personnes concernées et de faire preuve d'objectivité. L'appréciation du risque doit être réalisée par du personnel qui possède les connaissances suffisantes, c'est-à-dire qui est en mesure d'identifier les phénomènes dangereux, les situations dangereuses et qui connaît les mesures de prévention utilisées pour maîtriser les risques. Ce processus peut être réalisé par une équipe multidisciplinaire comprenant par exemple un opérateur, un superviseur, un mécanicien, un intervenant en SST et un ingénieur¹. L'employeur peut décider de recourir aux services d'une firme externe pour procéder à l'appréciation du risque.

Avant d'amorcer le processus d'appréciation du risque, on doit rassembler, entre autres, les éléments suivants :

- L'identification de la machine, la marque, le modèle, le numéro de série, le fabricant, l'année de fabrication et, le cas échéant, les déclarations de conformité normatives ou réglementaires.
- Le manuel d'instruction du fabricant.
- La localisation de la machine.
- La description de l'utilisation de la machine.
- Les procédures de travail écrites (ex. : opération, maintenance, cadenassage).
- La formation requise pour l'utilisation de la machine, les outils d'aide à la formation et la liste des travailleuses et des travailleurs formés.
- La liste des incidents et des accidents survenus.
- L'historique concernant l'appréciation et la réduction du risque.

1.1 Analyse du risque

L'analyse du risque se décline en trois étapes :

ISO 12100

- 1) La détermination des limites de la machine.
- 2) L'identification des phénomènes dangereux.
- 3) L'estimation du risque.

1. Loi sur les ingénieurs

1.1.1 Déterminer les limites de la machine

L'analyse du risque commence par la détermination des limites de la machine.

CSA Z432

5.5.4 Détermination des limites de la machine ou du système²

- a) limites d'utilisation : déterminées, par exemple, par les cadences de production, la durée des cycles et l'utilisation normale de la machine, de même que la vitesse, les forces, le matériau à utiliser et le nombre de travailleurs visés ;
- b) limites dans l'espace : par exemple, l'amplitude du mouvement, les exigences dimensionnelles pour l'installation de la machine, la maintenance et les interfaces opérateur-machine ;
- c) limites dans le temps : par exemple, la maintenance et la vie utile des outils, des composants mécaniques et électriques, des fluides [...] ;
- d) limites dues à l'environnement : par exemple, la température, l'humidité, le bruit, l'emplacement ;
- e) limites dues à l'interface : par exemple, d'autres machines ou des équipements auxiliaires, des sources d'énergie.

Lors de la détermination des limites d'utilisation, l'utilisation normale et le mauvais usage raisonnablement prévisible (utilisation qui ne correspond pas aux intentions du concepteur) doivent être pris en compte.

Afin d'illustrer chacune des étapes de l'appréciation du risque, nous présentons un exemple portant sur la presse poinçonneuse hydraulique dans le présent document (voir figure 2).

2. Source : Clause 5.5.4, CSA Z432-F16 (C2021), *Protection des machines*. © 2016 Association canadienne de normalisation. Veuillez visiter csagroup.org/fr/store/.

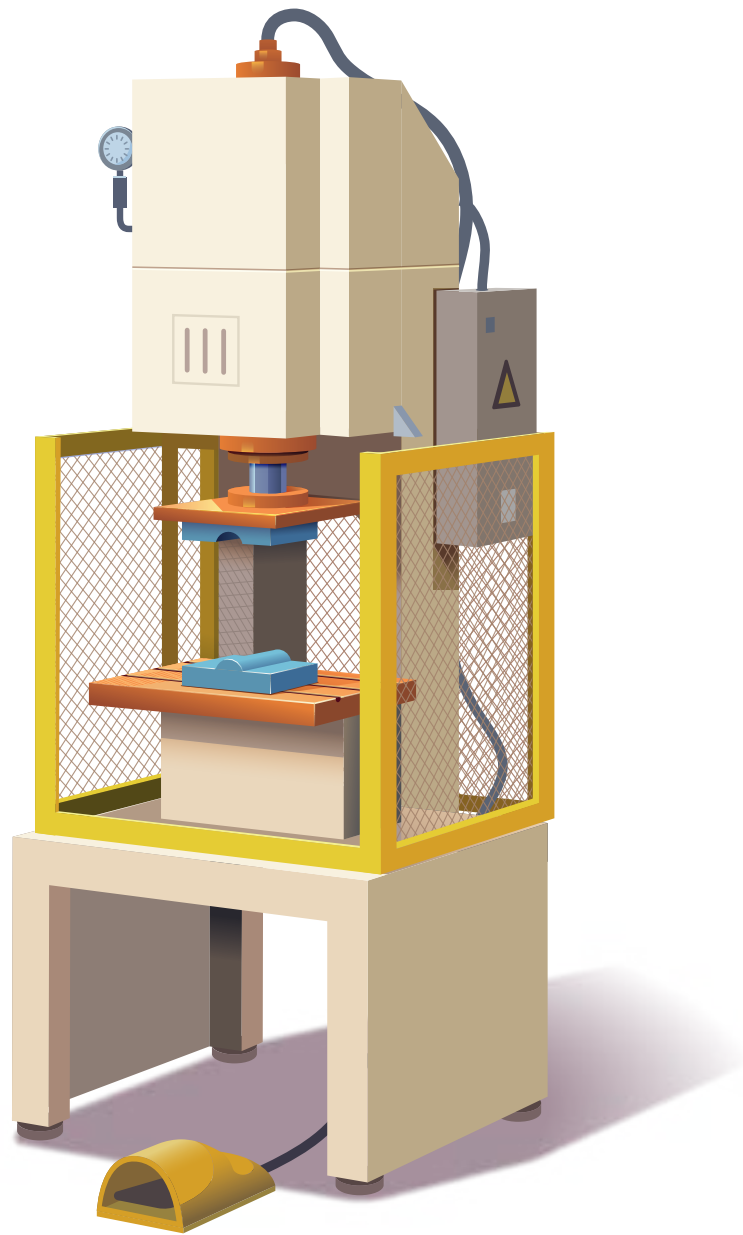


Figure 2 - Presse poinçonneuse hydraulique

Exemple – Presse poinçonneuse hydraulique

Mise en contexte :

Dans un atelier d'usinage, les travailleuses et travailleurs utilisent une presse poinçonneuse hydraulique afin de poinçonner des pièces dans des feuilles de métal. L'employeur a acheté cette machine usagée il y a deux ans et il dispose du manuel d'instruction du fabricant. La marque, le modèle et la puissance de la machine sont inscrits sur sa plaque signalétique.

Un travailleur est affecté à cette machine pendant sept heures par jour, deux jours par semaine. Le travailleur a reçu une formation par compagnonnage d'une durée de quatre jours pour l'utilisation de la machine. Un contremaître assure la supervision des travailleuses et travailleurs.

Le mouvement du coulisseau est assuré par un vérin hydraulique. La descente du coulisseau est activée à l'aide d'une pédale. Cette descente se fait très rapidement. Le fait de relâcher la pédale pendant un cycle entraîne la remontée du coulisseau qui demeure dans cette position jusqu'à l'amorce d'un nouveau cycle.

L'arrière et le côté gauche de la machine sont situés le long d'un mur. Une autre presse poinçonneuse est située du côté droit de la machine et l'avant donne sur le poste de travail qui est longé par une voie de circulation.

Il n'y a jamais eu d'accident sur cette machine dans l'établissement.

Tâches à effectuer avec la machine :

La presse poinçonneuse est utilisée avec différents poinçons et elle sert à poinçonner des pièces de métal d'une épaisseur allant jusqu'à 3 mm.

Un entretien et une inspection de la machine sont effectués régulièrement selon les recommandations du fabricant (graissage et remplacement de l'huile hydraulique).

Une fiche de cadenassage est rédigée et cette procédure est suivie par le mécanicien lors des entretiens.

Législation et références normatives :

Les documents suivants ont été consultés :

- Loi sur la santé et la sécurité du travail (LSST).
- Règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST).
- Norme spécifique applicable : Code régissant l'opération des presses : exigences concernant la santé, la sécurité et la protection (CSA Z142).

Exemple – Presse poinçonneuse hydraulique (suite)

Voici les catégories de tâches liées à la phase d'utilisation de cette machine :

- Changement de la matrice et de l'outil ainsi que du réglage
- Opération en production
- Entretien
- Recherche de défauts et dépannage

Toutefois, afin d'alléger l'exemple présenté, nous ne présenterons et analyserons que la tâche d'opération en production dans ce guide.

Détermination des limites de la machine :

1. Limites d'utilisation

a) Usage prévu :

- La machine est prévue pour poinçonner des formes à l'intérieur de pièces d'aluminium rectangulaires de 3 mm d'épaisseur.
- La machine est utilisée par une personne possédant des connaissances et de l'expérience dans l'utilisation de ce type de machine.
- Un seul travailleur à la fois peut opérer la machine et il doit se positionner à l'avant.
- L'opérateur positionne la pièce sur la matrice, appuie sur la pédale, attend le poinçonnement de la pièce puis relâche la pédale et retire la pièce poinçonnée. Ces étapes sont répétées pour chacune des pièces à produire. En raison de la géométrie de la pièce, le travailleur n'a pas à la tenir lors du poinçonnement.
- Un travailleur compétent et qualifié entretient la machine en suivant les instructions du manuel du fabricant, ce qui assure le bon état de la machine.
- Seuls des matrices et des outils appropriés à la presse sont utilisés.

b) Mauvaise utilisation raisonnablement prévisible :

- Le travailleur maintient la pièce avec ses mains lors du poinçonnage.
- Les pièces sont pliées au lieu d'être poinçonnées.

Exemple – Presse poinçonneuse hydraulique (suite)

2. Limites dans l'espace

- La machine est utilisée dans un environnement industriel intérieur, à une température variant entre 15 et 40 °C.
- La machine mesure 1 m de profond par 0,6 m de large et est d'une hauteur de 1,5 m.
- Un dégagement de 1,5 m est requis devant la machine pour son opération.

3. Limites dans le temps

- La machine est destinée à une durée de fonctionnement de 20 000 heures.
- Maintenance :
 1. Toutes les 500 heures d'utilisation, vérification du niveau d'huile du réservoir.
 2. Toutes les 2000 heures, remplacement de l'huile hydraulique du réservoir.
 3. Tous les jours d'utilisation, graissage des poinçons.

1.1.2 Identifier les phénomènes dangereux et les situations dangereuses

1.1.2.1 Phénomènes dangereux

La norme ISO 12100 définit un phénomène dangereux comme suit :

ISO 12100

phénomène dangereux

source potentielle de dommage

[...]

Il y a différents types de phénomènes dangereux tels que ceux présentés dans le tableau suivant :

Types de phénomènes dangereux
Phénomènes dangereux mécaniques
Phénomènes dangereux électriques
Phénomènes dangereux thermiques
Phénomènes dangereux engendrés par le bruit
Phénomènes dangereux engendrés par les vibrations
Phénomènes dangereux engendrés par les rayonnements
Phénomènes dangereux engendrés par des matériaux et des produits
Phénomènes dangereux engendrés par le non-respect des principes ergonomiques
Phénomènes dangereux associés à l'environnement dans lequel la machine est utilisée
Combinaison de phénomènes dangereux

Tableau 1 - Exemples de phénomènes dangereux selon le tableau B.1 de la norme ISO 12100

Un phénomène dangereux crée une zone dangereuse :

ISO 12100

zone dangereuse

zone de danger

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

Voici certains facteurs à considérer pour identifier les phénomènes dangereux d'origine mécanique³ :

CSA Z432

A.2.3.4.3 Facteurs pouvant donner lieu à des phénomènes dangereux mécaniques⁴

- a) la forme (éléments coupants, bords tranchants, pièces de forme aigüe, même s'ils sont immobiles) ;
- b) la disposition relative, qui pourrait engendrer des zones d'écrasement, de cisaillement et de happement quand des éléments sont en mouvement ;
- c) la résistance au renversement (compte tenu de l'énergie cinétique) ;
- d) la masse et la stabilité (énergie potentielle d'éléments qui pourrait se déplacer sous l'effet de la pesanteur) ;
- e) la masse et la vitesse (l'énergie cinétique d'éléments en mouvement contrôlé ou incontrôlé) ;
- f) l'accélération/la décélération ;
- g) l'insuffisance de la résistance mécanique, qui pourrait engendrer des ruptures ou des éclatements dangereux ;
- h) l'énergie potentielle d'éléments élastiques (ressorts) ou le phénomène dangereux engendré par des injections ou des éjections sous haute pression ;
- i) les conditions d'utilisation (p. ex., champs d'opération variant selon les conditions du milieu).

Les fonctions et l'usage de la machine qui ont été recensés à l'étape de la détermination des limites de la machine serviront à répertorier tous les phénomènes dangereux.

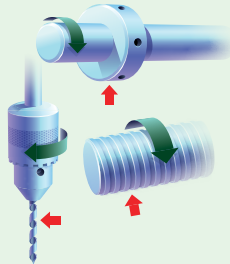
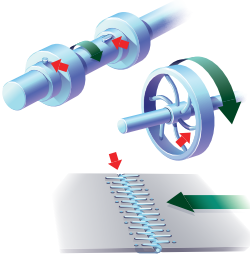
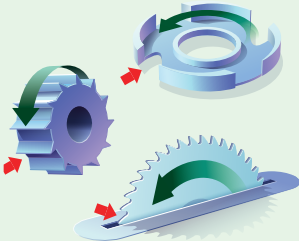
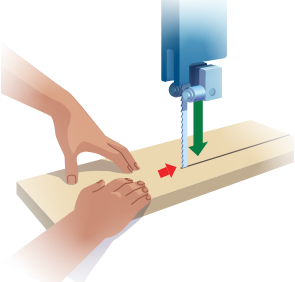
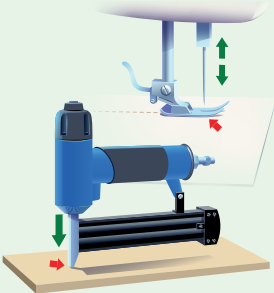
Lorsqu'une norme spécifique, telle qu'une norme de type C⁵, existe pour la machine visée par l'appréciation du risque, il est recommandé de la consulter, car les phénomènes dangereux typiquement présents sur la machine y sont listés.

3. Pour les autres types de phénomènes dangereux, se référer à l'annexe 1.

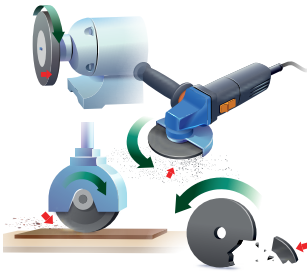
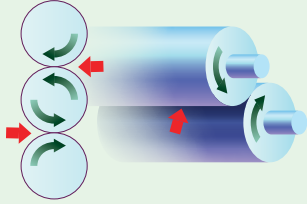
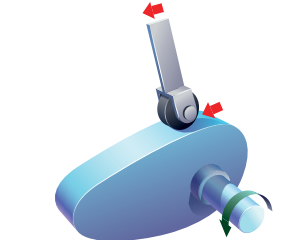
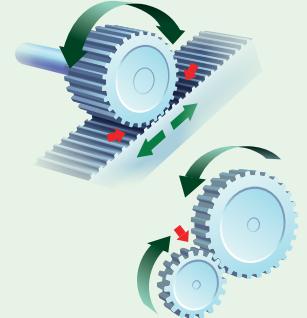
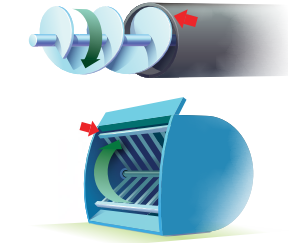
4. Source : Clause A.2.3.4.3, CSA Z432-F16 (C2021), Protection des machines. © 2016 Association canadienne de normalisation. Veuillez visiter csagroup.org/fr/store/.

5. Normes de type C (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 (source ISO 12100).

Voici des exemples de phénomènes dangereux mécaniques :

Phénomène dangereux	Conséquence possible	Exemple de dommages ⁶	
	<ul style="list-style-type: none"> • Arbre en rotation • Forêt en rotation • Vis en rotation 	<ul style="list-style-type: none"> • Enroulement • Happement • Entraînement 	<ul style="list-style-type: none"> • Fracture • Entorse • Foulure
	<ul style="list-style-type: none"> • Roue avec rayons en rotation • Arbre avec aspérités en rotation • Courroie en mouvement avec épissure 	<ul style="list-style-type: none"> • Enroulement • Happement • Choc • Entraînement 	<ul style="list-style-type: none"> • Fracture • Ecchymose
	<ul style="list-style-type: none"> • Lame en rotation • Outils tranchants en rotation 	<ul style="list-style-type: none"> • Coupure • Sectionnement • Projection • Entraînement 	<ul style="list-style-type: none"> • Amputation • Coupure/lacération
	<ul style="list-style-type: none"> • Lame en mouvement 	<ul style="list-style-type: none"> • Coupure • Sectionnement • Projection 	<ul style="list-style-type: none"> • Amputation • Coupure/lacération
	<ul style="list-style-type: none"> • Aiguille en mouvement • Expulsion de clou 	<ul style="list-style-type: none"> • Perforation/piqûre • Projection 	<ul style="list-style-type: none"> • Perforation/piqûre

6. Il ne s'agit que d'exemples, d'autres dommages peuvent survenir.

Phénomène dangereux	Conséquence possible	Exemple de dommages
	<ul style="list-style-type: none"> • Meule en rotation 	<ul style="list-style-type: none"> • Happement • Abrasion • Entraînement • Brûlure • Projection • Choc
	<ul style="list-style-type: none"> • Cylindre en contact en rotation 	<ul style="list-style-type: none"> • Entraînement • Écrasement
	<ul style="list-style-type: none"> • Came en mouvement 	<ul style="list-style-type: none"> • Écrasement • Entraînement
	<ul style="list-style-type: none"> • Engrenages en mouvement 	<ul style="list-style-type: none"> • Entraînement • Écrasement • Sectionnement
	<ul style="list-style-type: none"> • Vis sans fin en rotation • Axe avec pales en rotation 	<ul style="list-style-type: none"> • Happement • Choc • Entraînement • Sectionnement • Cisaillement
<ul style="list-style-type: none"> • Brûlure par friction • Coupure/lacération • Plaie ouverte • Fracture 	<ul style="list-style-type: none"> • Décès • Fracture • Amputation • Blessures multiples • Main et doigts écrasés 	<ul style="list-style-type: none"> • Fracture • Ecchymose
<ul style="list-style-type: none"> • Amputation • Coupure/lacération • Main et doigts écrasés ou broyés 	<ul style="list-style-type: none"> • Décès • Fracture • Amputation • Blessures multiples • Main et doigts écrasés 	

Phénomène dangereux	Conséquence possible	Exemple de dommages	
	<ul style="list-style-type: none"> • Table en déplacement 	<ul style="list-style-type: none"> • Choc • Écrasement 	<ul style="list-style-type: none"> • Décès • Fracture • Ecchymose • Blessures multiples
	<ul style="list-style-type: none"> • Bras d'un robot en déplacement 	<ul style="list-style-type: none"> • Choc • Écrasement 	<ul style="list-style-type: none"> • Fracture • Ecchymose
	<ul style="list-style-type: none"> • Poussoir en mouvement 	<ul style="list-style-type: none"> • Cisaillement • Sectionnement • Écrasement • Choc 	<ul style="list-style-type: none"> • Fracture • Ecchymose
	<ul style="list-style-type: none"> • Descente de la table 	<ul style="list-style-type: none"> • Écrasement • Cisaillement • Sectionnement 	<ul style="list-style-type: none"> • Décès • Fracture • Blessures multiples
	<ul style="list-style-type: none"> • Descente d'un poinçon 	<ul style="list-style-type: none"> • Écrasement • Cisaillement • Sectionnement • Projection 	<ul style="list-style-type: none"> • Fracture • Amputation • Main ou doigts écrasés

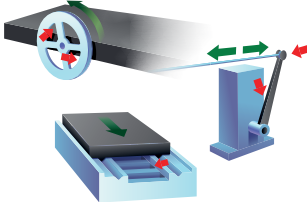
Phénomène dangereux	Conséquence possible	Exemple de dommages
	<ul style="list-style-type: none"> • Courroie en rotation sur poulies 	<ul style="list-style-type: none"> • Entraînement • Écrasement • Arrachement • Sectionnement
	<ul style="list-style-type: none"> • Chaîne en rotation sur roues dentées 	<ul style="list-style-type: none"> • Entraînement • Écrasement • Arrachement • Sectionnement • Choc
	<ul style="list-style-type: none"> • Déplacement d'une pièce près d'une pièce fixe 	<ul style="list-style-type: none"> • Cisaillement • Happement • Choc • Écrasement • Entraînement
	<ul style="list-style-type: none"> • Descente ou chute de la voiture supportée par un pont élévateur 	<ul style="list-style-type: none"> • Écrasement • Coincement • Effondrement

Tableau 2 - Exemples de phénomènes dangereux mécaniques ainsi que les conséquences et dommages qui y sont associés

Exemple – Presse poinçonneuse hydraulique

Selon la norme CSA Z142 Code régissant l'opération des presses : exigences concernant la santé, la sécurité et la protection, voici des exemples de phénomènes dangereux qui sont présents sur cette machine :

- La descente de l'outil.
- La rupture ou la chute des composants de la machine.
- L'éclatement de la tuyauterie, des raccords et des composants hydrauliques.
- Le bruit lors du poinçonnage des pièces.
- Les mouvements répétitifs de l'opérateur.

1.1.2.2 Situations dangereuses

La norme ISO 12100 définit une situation dangereuse comme suit :

ISO 12100

situation dangereuse

situation dans laquelle une personne est exposée à au moins un phénomène dangereux
[...]

Une situation dangereuse se présente lorsque le travailleur ou la travailleuse accomplit une tâche au cours de laquelle il ou elle côtoie le phénomène dangereux.

a) Processus accidentel

Le processus accidentel est illustré à la figure 3.

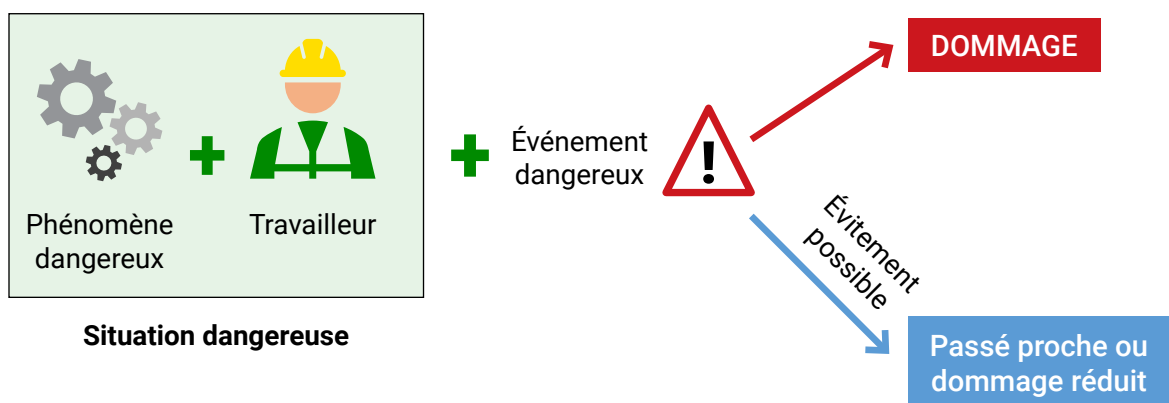


Figure 3 - Processus accidentel

Le processus accidentel se résume de la manière suivante : une personne exposée à un phénomène dangereux forme une situation dangereuse où le déclenchement d'un événement dangereux peut mener à un dommage (conséquence), à moins d'une possibilité d'évitement. Tolérer une situation dangereuse revient à accepter qu'un accident puisse survenir à tout moment.

Il existe également un processus chronique selon lequel seule l'exposition au phénomène dangereux, par exemple l'exposition au bruit pendant une certaine durée et à une certaine intensité, peut conduire au dommage.

En présence d'une situation dangereuse, l'apparition d'un événement dangereux peut entraîner un accident. Voici des exemples de situations dangereuses et d'événements dangereux liés aux machines :

Exemples de situations dangereuses	Exemples d'événements dangereux
Julie nettoie le plancher à proximité de l'arbre en rotation.	<p><u>Contact avec une pièce en mouvement en raison d'événements dangereux :</u></p> <p>D'origine humaine :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vêtement ample accroché • Manipulation répétitive à fréquence élevée • Distraction quelconque causée par un agent externe (ex. : cellulaire, collègue) • Perte d'équilibre, vertiges • Fatigue • Erreur humaine • Mouvement réflexe • Monotonie du travail • Etc. <p>D'origine matérielle :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Démarrage intempestif • Dysfonctionnement de la machine • Défaillance d'une composante ou du système de commande • Éjection d'une pièce, d'un fragment d'outil • Libération soudaine d'énergie • Perte de stabilité <p>D'origine organisationnelle :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Procédure désuète ou incomplète • Ordres contradictoires • Absence de formation
Catherine retire les copeaux sur la table d'une perceuse à colonne alors que la mèche est en rotation.	
Armand nettoie la vis sans fin d'un hachoir à viande alors qu'il est en fonction.	
Mylène ajoute des ingrédients dans un batteur-mélangeur en fonction.	
Robert déligne une planche sur un banc de scie.	
Mohamed positionne la pile de papier sur la table d'un massicot.	
Francis alimente la déchiqueteuse à branche.	
Nathalie empile du carton dans un compacteur à carton.	

Tableau 3 - Exemples de situations dangereuses et d'événements dangereux

Voici un exemple qui présente les différentes composantes du processus accidentel :



Figure 4 - Convoyeur impliqué dans un accident mortel

Le 5 décembre 2017, un travailleur est décédé après que son capuchon s'est coincé puis fait entraîner entre le tambour de contrainte et la courroie du convoyeur en mouvement. Au moment de l'accident, le travailleur s'affairait à ramasser des débris accumulés sous le convoyeur à l'aide d'une pelle. Il avait alors introduit le haut de son corps sous le convoyeur.

Phénomène dangereux d'origine mécanique : angle rentrant créé par la courroie en mouvement et le tambour.

Situation dangereuse : lors du nettoyage, le travailleur ramasse les débris sous le convoyeur en mouvement proche d'un angle rentrant non protégé.

Événement dangereux : le capuchon du travailleur est entraîné dans l'angle rentrant créé entre le tambour de contrainte et la courroie.

Possibilité d'évitement : le travailleur n'a pas pu éviter l'accident (vitesse et force élevées, vêtement résistant).

Dompage : décès du travailleur par étranglement.

L'annexe 1 présente un aide-mémoire portant sur les phénomènes dangereux, les situations dangereuses, les événements dangereux et les dommages.

b) Tâches reliées à la machine

Afin d'identifier les situations dangereuses, il est important que toutes les tâches reliées à la machine soient identifiées. Dépendamment de la machine visée, les tâches suivantes peuvent être réalisées comme indiqué dans la norme ISO 12100 :

ISO 12100

5.4 Identification des phénomènes dangereux

a) Interaction humaine pendant tout le cycle de vie de la machine

Il convient que l'identification des tâches tienne compte de toutes les tâches associées à toutes les phases du cycle de vie de la machine [...]. Il convient de tenir également compte, sans toutefois s'y limiter, des catégories de tâches suivantes :

- Réglage.
- Essais.
- Apprentissage/programmation.
- Changement de processus ou d'outil.
- Démarrage.
- Tous les modes de fonctionnement.
- Alimentation de la machine.
- Retrait de produits de la machine.
- Arrêt de la machine.
- Arrêt de la machine en cas d'urgence.
- Reprise du fonctionnement après bourrage ou blocage.
- Redémarrage après arrêt imprévu.
- Recherche de défauts/de pannes (intervention de l'opérateur).
- Nettoyage et entretien.
- Maintenance préventive.
- Maintenance corrective.

Pour identifier les situations dangereuses, en plus de tenir compte de l'utilisation normale, il faut considérer le mauvais usage raisonnablement prévisible et le comportement involontaire de l'opérateur. À cet effet, la norme ISO 12100 indique ce qui suit.

ISO 12100

5.4 Identification des phénomènes dangereux

c) Comportement involontaire de l'opérateur ou mauvais usage raisonnablement prévisible de la machine

Des exemples comprennent :

- la perte de contrôle de la machine par l'opérateur (particulièrement pour les machines portatives ou mobiles) ;
- le comportement réflexe d'une personne en cas de dysfonctionnement, d'incident ou de défaillance en cours d'utilisation de la machine ;
- un comportement résultant d'un défaut de concentration ou d'une négligence ;
- un comportement résultant de l'application de la « loi du moindre effort » au cours de l'accomplissement d'une tâche ;
- un comportement résultant d'une incitation à maintenir la machine en marche à tout prix ;
- le comportement de certaines personnes (par exemple les enfants, les personnes handicapées).

Un comportement résultant de la « loi du moindre effort » pourrait être, par exemple, un travailleur ou une travailleuse qui enjambe la prise de force d'un tracteur (« PTO : power take-off ») plutôt que de contourner le tracteur afin d'emprunter le chemin le plus court.

Exemple – Presse poinçonneuse hydraulique

Voici des exemples de tâches liées à la phase d'utilisation :

Tâche 1 – opération

Le travailleur positionne une pièce sur la matrice de la presse, appuie sur la pédale et retire la pièce une fois poinçonnée.

- Il s'agit d'une **situation dangereuse** puisque le travailleur est en présence d'un phénomène dangereux d'origine mécanique qui est la descente de l'outil.

Tâche 2 – changement de matrice

Le travailleur retire la matrice pesant 20 kg de la presse et en installe une autre.

- Il s'agit d'une **situation dangereuse** puisque le travailleur est en présence d'un phénomène dangereux d'origine ergonomique.

1.1.3 Estimer le risque

L'estimation du risque permet de donner un indice, une valeur ou un niveau au risque découlant de l'exposition aux phénomènes dangereux. L'estimation du risque doit être réalisée pour chaque situation dangereuse à l'aide d'un outil d'estimation du risque. Le même outil devrait être utilisé pour l'estimation de l'ensemble des situations dangereuses à des fins de comparaison.

Comme illustré à la figure 5, la norme ISO 12100 définit le risque comme étant la combinaison de la gravité du dommage et de la probabilité d'occurrence de ce dommage.

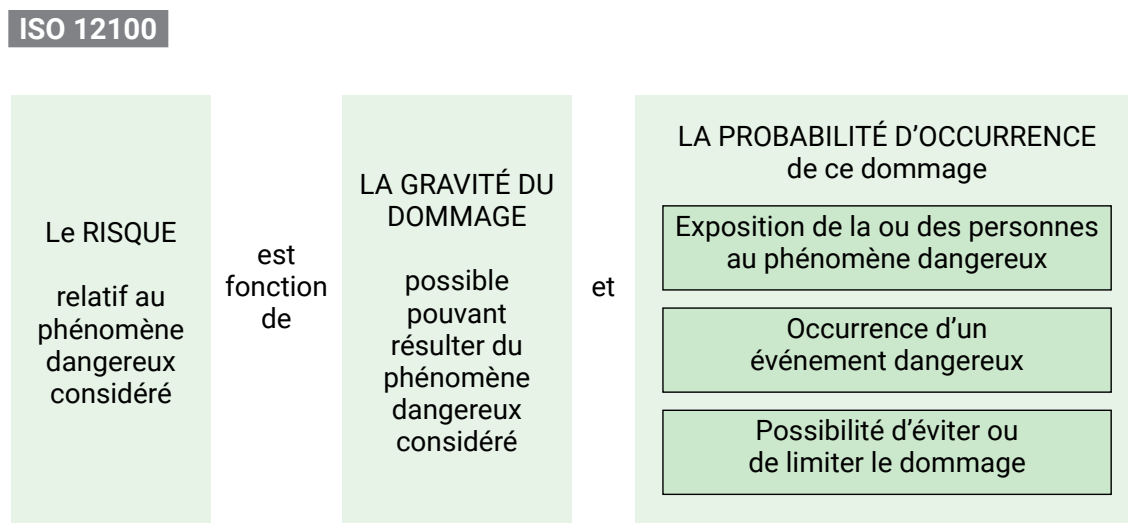


Figure 5 - Éléments du risque

Plusieurs méthodes permettent d'estimer le risque. Il y a des méthodes qualitatives, semi-quantitatives et quantitatives qui peuvent apparaître sous diverses formes (matricielle, graphique, etc.).

L'estimation du risque doit être faite en considérant les aspects suivants, qui sont basés sur ceux de la norme ISO 12100 :

- Les personnes exposées (ex. : qui, quel quart de travail).
- Le type, la fréquence et la durée d'exposition.
- Le rapport entre l'exposition et les effets (ex. : immédiat, à long terme, nature du dommage).
- Les facteurs humains (ex. : la fatigue, le stress, la connaissance du danger, l'ergonomie, l'interaction avec la machine, les capacités personnelles [ex. : âge, limitations personnelles]).
- Les facteurs organisationnels (formation, communication, équipements de protection individuelle [EPI], etc.).
- Les moyens de protection présents et leur efficacité (lorsque des mesures de prévention sont présentes, l'estimation des risques peut tenir compte de ces mesures).
- La possibilité de neutralisation ou de contournement des moyens de protection.
- La capacité à maintenir les mesures de prévention dans le temps (ex. : la supervision).
- L'information pour l'utilisation (ex. : le manuel d'instruction du fabricant).

Deux outils d'estimation du risque sont présentés dans cette section. Ces outils sont adaptés pour l'estimation du risque lié aux machines. Il est possible d'ajuster un de ces outils ou d'en choisir un autre mieux lié au milieu de travail. Toutefois, afin de ne pas sous-estimer ou surestimer le risque, on doit notamment⁷ :

- définir et documenter soigneusement chaque paramètre ;
- éviter l'emploi de termes uniques ou vagues pour définir les niveaux des paramètres ;
- éviter les discontinuités ou les écarts entre les niveaux des paramètres ;
- utiliser entre trois et cinq niveaux pour évaluer le paramètre de gravité du dommage et entre trois et cinq niveaux pour évaluer le paramètre de probabilité ;
- définir au moins quatre niveaux de risque.

La figure suivante illustre les deux outils d'estimation du risque présentés et leurs paramètres :

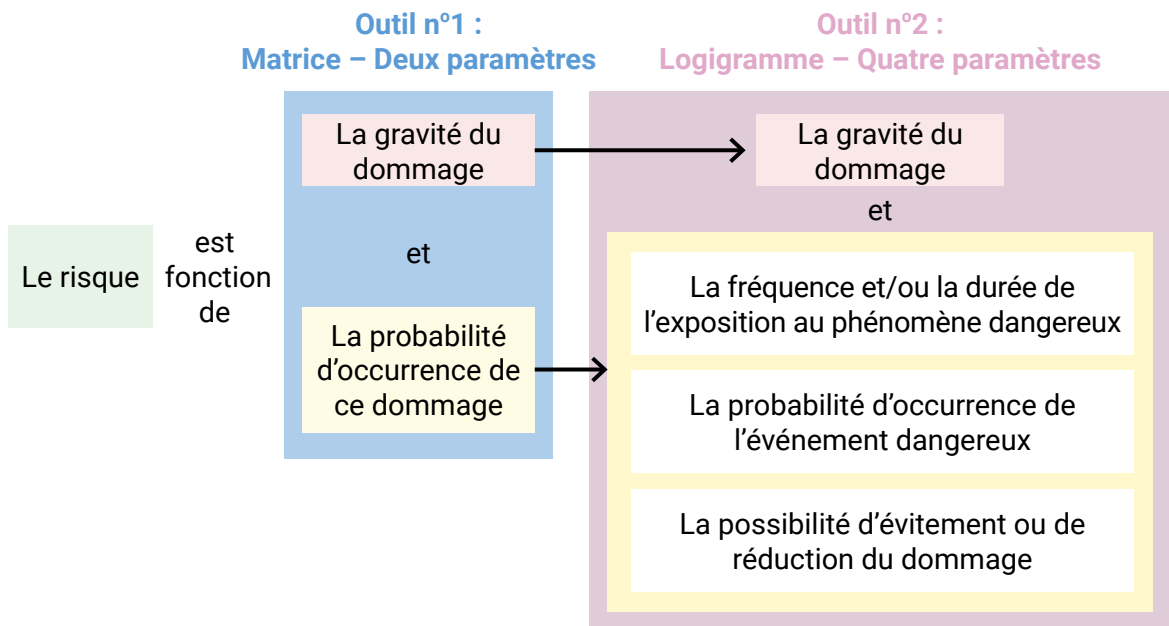


Figure 6 - Outils d'estimation du risque présentés dans ce guide

7. L'IRSSST a formulé plusieurs recommandations concernant les règles de construction d'outils d'estimation du risque dans le rapport R-697 à la section 5.2.6 (2011).

1.1.3.1 Outil n° 1 – Matrice de risque avec deux paramètres

L'outil n° 1 présenté dans la matrice suivante permet d'estimer le risque engendré par une situation dangereuse à l'aide de deux paramètres, soit la gravité du dommage et la probabilité d'occurrence du dommage. La gravité et la probabilité doivent être rapportées dans la matrice de manière à obtenir un niveau de risque.

Gravité \ Probabilité	Très grave G4	Grave G3	Modérée G2	Mineure G1
Très probable O4	très élevé	très élevé	élevé	modéré
Probable O3	très élevé	élevé	modéré	faible
Peu probable O2	élevé	modéré	modéré	faible
Très peu probable O1	modéré	modéré	modéré	faible

Tableau 4 - Matrice de risque avec deux paramètres⁸

8. Cet outil est inspiré de la norme MIL-STD-882-E *Department of defense standard practice system safety*.

Gravité du dommage

La gravité du dommage doit être déterminée en fonction du pire scénario pouvant se produire de manière réaliste (par exemple, l'amputation d'un doigt ou d'une main à la suite de l'utilisation d'un banc de scie sans protecteur).

Seuls les dommages (lésions) survenant à un travailleur ou à une travailleuse sont considérés, et non les dommages matériels ou monétaires.

Gravité (G)	Cote	Description ⁹
Mineure	G1	Lésion légère ne nécessitant que les premiers secours avec ou sans temps de travail perdu. Ex. : contusion, irritation du nez et de la gorge ou de la peau, blessure superficielle, fatigue oculaire, mal de tête, coupure mineure, ecchymoses, irritation mécanique des yeux causée par la poussière, petite surface avec une brûlure superficielle (premier degré), fatigue, irritabilité.
Modérée	G2	Lésion sans séquelles permanentes nécessitant une consultation médicale et un arrêt du travail. Ex. : perforation, coupure profonde, corps étranger dans l'œil, irritation grave des yeux, abrasion de la cornée réversible, fracture ou entorse mineure sans séquelles, tendinite stade 2* et bursite, grande surface avec une brûlure superficielle (premier degré), intoxication légère, détresse psychologique. * tendinite stade 2 : initialement calmée par le mouvement, la tendinite réapparaît en cours d'activité de façon de plus en plus précoce et intense.
Grave	G3	Lésion irréversible, invalidité légère ou grave avec un retour au travail possible dans le même emploi ou un emploi différent. Ex. : perte d'une portion de doigt ou d'une portion d'un membre (peau et muscle), atteinte permanente (exemple : entorse avec séquelles fonctionnelles), rupture d'un muscle ou d'un tendon, fracture majeure, brûlure avec lésion profonde (deuxième et troisième degré), perte d'un œil, nécessité de reconstruire une main ou un membre avec une perte de mobilité, commotion cérébrale, tendinite stade 3*, syndrome vibratoire main-bras, syndrome du tunnel carpien, dépression majeure, épuisement professionnel, intoxication, allergie cutanée, sensibilisation (béryllium, etc.), asthme professionnel. * tendinite stade 3 : la douleur est permanente, plus ou moins bien calmée par le repos, et empêche toute activité. Dans de rares cas, la douleur est nocturne, empêchant le sommeil.
Très grave	G4	Lésion permanente qui empêche le retour au même emploi ou qui a un impact important sur la qualité de vie du travailleur ou de la travailleuse. Ex. : décès, amputation d'un bras ou d'une jambe, polytraumatisme, amiantose, surdité, intoxication importante, silicose, cancer, béryllose, coup de chaleur, perte de la vue (cécité), tentative de suicide.

Tableau 5 - Niveaux de gravité - Outil n° 1

9. Certains exemples de dommages cités ne découlent pas de l'utilisation d'une machine.

Probabilité d'occurrence du dommage

La probabilité d'occurrence du dommage se définit comme étant la possibilité que l'accident ou la maladie survienne et cause le dommage identifié. Au moment d'estimer la probabilité, il convient de choisir le niveau réaliste de probabilité le plus élevé. Pour estimer la probabilité, voici des éléments à considérer :

- La fréquence et la durée d'exposition au risque identifié.
- L'environnement de travail (ex. : propre, ordonné, bien éclairé).
- L'organisation en santé et sécurité (niveau d'organisation et de prise en charge).
- La qualité et l'état de l'équipement ou de l'outil.
- Les facteurs humains (ex. : expérience des travailleurs et des travailleuses, connaissance du procédé ou de la machine).
- Les facteurs organisationnels (ex. : formation, encadrement, supervision, méthode de travail, EPI fournis).
- La possibilité ou non d'éviter le dommage (ex. : impossible pour l'électricité ou une explosion, possible pour certains risques mécaniques impliquant des vitesses lentes).
- Les mesures de protection en place.

Probabilité (P)	Cote	Description ¹⁰
Très peu probable	01	<p>Il est très peu probable que le dommage se produise, à tel point qu'on suppose qu'il ne se produira pas.</p> <ul style="list-style-type: none"> Aucun antécédent d'un tel accident répertorié dans l'industrie. <p>Exemples :</p> <ul style="list-style-type: none"> Tomber d'une mezzanine lorsqu'un garde-corps adéquat est en place. S'emprisonner à l'intérieur d'un congélateur industriel muni d'une poignée à l'intérieur. Se faire écraser lors de l'effondrement d'un toit adéquatement déneigé. Se brûler lors de l'embrasement d'un véhicule au démarrage ou lors de son utilisation. Se faire entraîner par le mandrin d'un tour CNC lorsque la porte est fermée et que le dispositif de verrouillage est fonctionnel.
Peu probable	02	<p>Il est peu probable, mais possible que le dommage se produise.</p> <ul style="list-style-type: none"> Occurrence raisonnablement prévisible susceptible de se produire une fois dans la vie d'un individu. <p>Exemples :</p> <ul style="list-style-type: none"> Se faire écraser une main par un piston d'une machine qui se déplace lentement et qui nécessite une commande à action maintenue. S'intoxiquer lors de la dilution de produits d'entretien ménager dans une pièce ventilée. S'intoxiquer sévèrement lors de la manipulation quotidienne du xylène, alors que des moyens de contrôle adéquats sont en place (formation des travailleurs et des travailleuses, ventilation, etc.). Chuter en se déplaçant sur une patinoire avec des crampons. Contracter la maladie de Lyme malgré la formation adéquate, le port de vêtements serrés au col, aux poignets et aux chevilles, des chaussures fermées ainsi que l'utilisation d'un insectifuge topique.

Probabilité (P)	Cote	Description ¹⁰
Probable	03	<p>Le dommage peut se produire occasionnellement.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Occurrence prévisible susceptible de se produire une fois tous les cinq ans par individu. <p>Exemples :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Chuter en se déplaçant sur une patinoire. • Subir un coup de chaleur devant un four industriel ou lors d'une canicule. • Se fracturer un bras lorsque le travailleur porte des gants et qu'il perce une pièce sur une perceuse à colonne sans protecteur de mandrin et d'outil. • Se couper au doigt en poussant une pièce de viande sur une scie à ruban alimentaire sans utiliser de poussoir. • Se faire entraîner par des rouleaux qui créent un angle rentrant lorsque le travailleur alimente la machine avec de grandes feuilles. • Se faire amputer une jambe lorsqu'un protecteur incomplet est installé autour d'un convoyeur à chaînes.

Probabilité (P)	Cote	Description ¹⁰
Très probable	04	<p>Le dommage peut se produire souvent.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Occurrence régulière ou continue : l'événement arrive souvent dans l'industrie, le secteur, le type de tâches ou le type d'activités. <p>Exemples :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Chuter en glissant sur un sol gelé recouvert d'une petite neige. • Se faire entraîner dans un angle rentrant d'un convoyeur lorsque l'angle rentrant est accessible et que le travailleur nettoie fréquemment sous le convoyeur. • Développer de l'asthme en manipulant quotidiennement des isocyanates sans avoir reçu de formation adéquate et sans porter les équipements de protection individuelle (EPI) requis. • Développer une surdité professionnelle causée par l'utilisation d'outils et d'équipements très bruyants avec des protecteurs auditifs mal ajustés ou offrant une protection insuffisante. • Développer des problèmes respiratoires lors de la manipulation quotidienne de matières recyclables (exposition à des bioaérosols) sans avoir reçu de formation adéquate et sans porter les équipements de protection individuelle (EPI) requis. • S'amputer un doigt lorsqu'un banc de scie est utilisé sans protecteur. • Subir une lacération profonde à la suite du rebond d'une tronçonneuse à disque lorsque le quadrant supérieur est utilisé pour la coupe. • Se faire entraîner par les organes de transmission de puissance sans protecteur lorsqu'une perceuse à colonne est utilisée. • Se faire entraîner par des rouleaux qui créent un angle rentrant lorsque le travailleur doit alimenter manuellement la machine en petites pièces. • Se faire amputer une jambe lorsqu'aucun protecteur n'est installé autour du convoyeur à chaînes alors que le travailleur s'y trouve continuellement. • Utiliser une machine défectueuse pour réaliser une tâche.

Tableau 6 - Niveaux de probabilité

10. Certains exemples de scénarios d'accidents ne sont pas reliés à l'utilisation d'une machine.

Exemple – Presse poinçonneuse hydraulique

Estimation initiale - outil n° 1

N°	Tâches ou étapes	Processus accidentel				Estimation du risque initiale - Outil n°1		
		Phénomène dangereux	Situation dangereuse	Événement dangereux	Domage	Gravité du dommage (G)	Probabilité d'occurrence du dommage (O)	Niveau de risque
1	Alimentation de la presse poinçonneuse	La descente de l'outil	Le travailleur qui alimente manuellement la presse poinçonneuse	Main sous l'outil lors de sa descente à la suite : <ul style="list-style-type: none"> • de l'actionnement involontaire de la pédale; • d'une manipulation répétitive à fréquence élevée; • du comportement réflexe du travailleur qui repositionne la pièce qui s'est déplacée; • etc. 	Fracture multiple d'une main	G3 - Grave	O4 - Très probable	Très élevé

1.1.3.2 Outil n° 2 – Logigramme de risque

Cet outil¹¹ permet d'estimer le risque avec quatre paramètres, soit :

- la gravité du dommage ;
- la fréquence et/ou la durée de l'exposition au phénomène dangereux ;
- la probabilité d'occurrence de l'événement dangereux ;
- la possibilité d'évitement ou de réduction du dommage.

La figure 7 permet d'obtenir le niveau de risque d'une situation dangereuse après avoir déterminé chacun des paramètres définis ci-dessous.

11. Cet outil s'inspire de celui proposé dans la norme ISO 14121-2:2007. Toutefois, cet outil comprend trois niveaux de gravité au lieu de deux, ce qui permet de départager les dommages intermédiaires. Les paramètres de cet outil peuvent être ajustés en fonction du contexte.

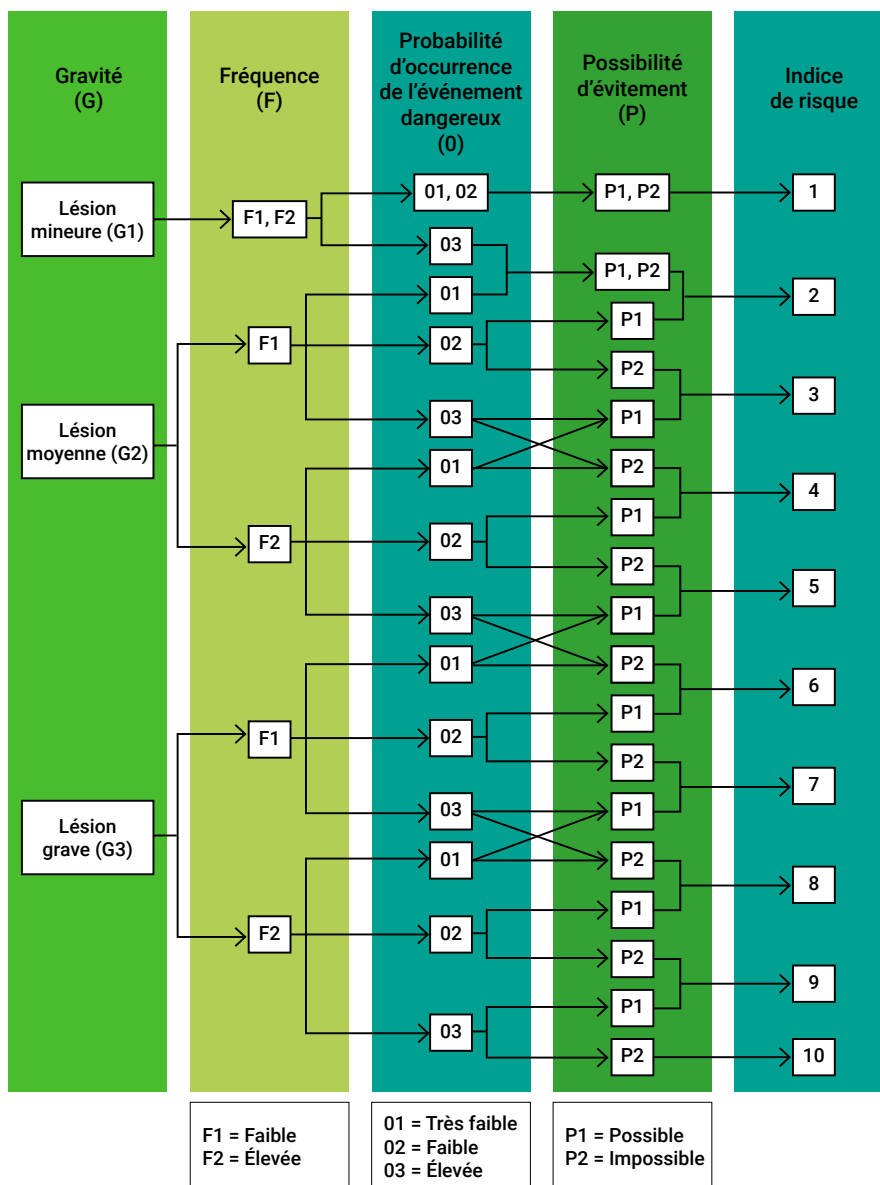


Figure 7 - Logigramme de risque à quatre paramètres

Gravité du dommage

La gravité du dommage doit être déterminée en fonction du pire scénario pouvant se produire de manière réaliste (par exemple, l'amputation d'un doigt ou d'une main à la suite de l'utilisation d'un banc de scie sans protecteur).

Seuls les dommages (lésions) survenant à un travailleur ou à une travailleuse sont considérés, et non les dommages matériels ou monétaires.

Gravité (G)	Cote	Description ¹²
Mineure	G1	<p>Lésion légère ne nécessitant que les premiers secours avec ou sans temps de travail perdu.</p> <p>Ex. : contusion, irritation du nez et de la gorge ou de la peau, blessure superficielle, fatigue oculaire, mal de tête, coupure mineure, ecchymoses, irritation mécanique des yeux causée par la poussière, petite surface avec une brûlure superficielle (premier degré), fatigue, irritabilité.</p>
Moyenne	G2	<p>Lésion sans séquelles permanentes nécessitant une consultation médicale et un arrêt du travail.</p> <p>Ex. : perforation, coupure profonde, corps étranger dans l'œil, irritation grave des yeux, abrasion de la cornée réversible, fracture ou entorse mineure sans séquelles, tendinite stade 2* et bursite, grande surface avec une brûlure superficielle (premier degré), intoxication légère, détresse psychologique.</p> <p>* tendinite stade 2 : initialement calmée par le mouvement, la tendinite réapparaît en cours d'activité de façon de plus en plus précoce et intense.</p>
Grave	G3	<p>Lésion permanente qui empêche le retour au même emploi ou qui a un impact important sur la qualité de vie du travailleur ou de la travailleuse.</p> <p>Lésion irréversible, invalidité légère ou grave avec un retour au travail possible dans le même emploi ou dans un emploi différent.</p> <p>Ex. : décès, amputation d'un bras ou d'une jambe, polytraumatisme, amiantose, surdité, intoxication importante, silicose, cancer, béryllose, coup de chaleur, perte de la vue (cécité), tentative de suicide, perte d'une portion de doigt ou d'une portion d'un membre (peau et muscle), atteinte permanente (ex. : entorse avec séquelles fonctionnelles), rupture d'un muscle ou d'un tendon, fracture majeure, brûlure avec lésion profonde (deuxième et troisième degré), perte d'un œil, nécessité de reconstruire une main ou un membre avec une perte de mobilité, commotion cérébrale, tendinite stade 3*, syndrome vibratoire main-bras, syndrome du tunnel carpien, dépression majeure, épuisement professionnel, intoxication, allergie cutanée, sensibilisation (béryllium, etc.), asthme professionnel.</p> <p>* tendinite stade 3 : la douleur est permanente, plus ou moins bien calmée par le repos, et empêche toute activité. Dans de rares cas, la douleur est nocturne, empêchant le sommeil.</p>

Tableau 7 - Niveaux de gravité - Outil n° 2

12. Certains exemples de dommages cités ne découlent pas de l'utilisation d'une machine.

Fréquence et/ou durée de l'exposition au phénomène dangereux

Lors de l'estimation de ce paramètre, les facteurs à prendre en compte comme indiqué dans la norme ISO 12100 sont les suivants :

ISO 12100

5.5.2.3.1 Exposition des personnes au phénomène dangereux

L'exposition d'une personne au phénomène dangereux a une influence sur la probabilité d'occurrence d'un dommage. Lors de l'estimation de l'exposition, les facteurs à prendre en compte sont, entre autres, les suivants :

- a) Le besoin d'accès à la zone dangereuse (pour le fonctionnement normal, la correction d'un dysfonctionnement, la maintenance ou la réparation, etc.).
- b) La nature de l'accès (par exemple l'alimentation manuelle de matériaux).
- c) Le temps passé dans la zone dangereuse.
- d) Le nombre de personnes devant pouvoir y accéder.
- e) La fréquence d'accès.

Fréquence (F)	Cote	Description
Faible	F1	Deux fois ou moins par quart de travail par l'équipe ou moins de 15 min d'exposition cumulée par quart de travail par l'équipe de travail.
Élevée	F2	Plus de deux fois par quart de travail par l'équipe ou plus de 15 min d'exposition cumulée par quart de travail par l'équipe de travail.

Tableau 8 - Fréquence d'exposition au phénomène dangereux

La description des niveaux de fréquence peut être ajustée en fonction du contexte du milieu de travail.

Probabilité d'occurrence de l'événement dangereux

Un événement dangereux peut être d'origine technique, humaine ou organisationnelle. Lors de l'estimation de ce paramètre, les facteurs à prendre en compte comme indiqué dans la norme ISO 12100 sont les suivants :

5.5.2.3.2 Occurrence d'un événement dangereux

- a) les données de fiabilité et autres données statistiques,
- b) l'historique d'accidents,
- c) l'historique d'atteintes à la santé,
- d) la comparaison des risques.

Probabilité d'occurrence	Cote	Description
Très faible	01	Technologie mature, prouvée et reconnue dans l'application de la sécurité ; robustesse (ex. : protection complète qui respecte les règles de l'art).
Faible	02	<ul style="list-style-type: none"> • Défaillance technique observée au cours des deux années précédentes (ex. : fixations manquantes sur un protecteur fixe, ouvertures trop grandes dans les protecteurs). • Action humaine inappropriée par une personne bien formée, consciente des risques, avec plus de six mois d'expérience sur la station de travail.
Élevée	03	<ul style="list-style-type: none"> • Défaillance technique observée régulièrement (tous les six mois ou moins) (ex. : protecteur manquant). • Action humaine inappropriée par une personne non formée, avec moins de six mois d'expérience sur la station de travail. • Accident semblable observé dans l'usine en 10 ans.

Tableau 9 - Probabilité d'occurrence (basée sur la norme ISO 14121-2)

Possibilité d'évitement ou de réduction du dommage

Lors de l'estimation de la possibilité d'éviter ou de limiter le dommage, les facteurs à prendre en compte comme indiqué dans la norme ISO 12100 sont les suivants :

ISO 12100

5.5.2.3.3 Possibilité d'éviter ou de limiter le dommage

- a) les différentes personnes susceptibles d'être exposées au(x) phénomène(s) dangereux, par exemple :
 - personnes expérimentées,
 - personnes inexpérimentées ;
- b) le laps de temps permettant une réaction, par exemple :
 - soudaine,
 - rapide,
 - lente ;
- c) la conscience du risque, par exemple :
 - par information générale, en particulier l'information pour l'utilisation,
 - par observation directe,
 - au moyen de signaux avertisseurs et de dispositifs indicateurs, en particulier sur la machine ;

- d) l'habileté humaine d'éviter ou de limiter le dommage (par exemple action réflexe, agilité, possibilité de fuite) ;
- e) l'expérience et la connaissance pratiques, par exemple :
- de la machine,
 - d'une machine similaire,
 - aucune expérience.

Possibilité d'évitement (P)	Cote	Description
Possible	P1	Possible dans certaines conditions Exemple : un robot qui se déplace à une vitesse lente ¹³ (inférieure à 250 mm/s) avec le travailleur qui est familier avec les risques.
Impossible	P2	Impossible ou rarement possible Exemple : une explosion, un arc électrique, le déplacement rapide d'une pièce mobile.

Tableau 10 - Possibilité d'évitement

Exemple – Presse poinçonneuse hydraulique

Estimation initiale - outil n° 2

N°	Tâches ou étapes	Processus accidentel				Estimation du risque initiale - Outil n°2				
		Phénomène dangereux	Situation dangereuse	Événement dangereux	Dommege	Gravité du dommege (G)	Fréquence (F)	Probabilité d'occurrence de l'événement dangereux (O)	Possibilité d'évitement (P)	Niveau de risque
1	Alimentation de la presse poinçonneuse	La descente de l'outil	Le travailleur qui alimente manuellement la presse poinçonneuse.	Main sous l'outil lors de sa descente à la suite : <ul style="list-style-type: none"> • de l'actionnement involontaire de la pédale; • d'une manipulation répétitive à fréquence élevée; • d'un comportement réflexe du travailleur qui repositionne la pièce qui s'est déplacée; • etc. 	Fracture multiple d'une main	G3 - Grave	F2- Élevée	O3- Élevée	P2- impossible	10

13. Il existe de nombreuses valeurs de vitesse « lente » dans les normes. L'IRSST a produit le rapport R-888 (2015) qui recense ces vitesses et le guide RG-1002 (version révisée 2018) qui propose une démarche pour choisir une vitesse sécuritaire.

1.2 Évaluation du risque

Une évaluation du risque consiste à porter un jugement pour déterminer s'il est nécessaire de mettre en œuvre des mesures de prévention afin de réduire le risque. Pour faire cette évaluation, il faut prendre en compte le niveau de risque obtenu, les exigences légales, [les normes sur la sécurité des machines](#), dont celles spécifiques à la machine étudiée (par exemple une norme de type C) ainsi que l'état de la technique¹⁴.

Les exigences légales sont des exigences minimales de santé et de sécurité. L'employeur peut s'imposer des exigences plus contraignantes, par exemple réduire le bruit en dessous de 80 dBA, alors que l'exigence réglementaire est supérieure à cette valeur.

La norme CSA Z767 - Gestion de la sécurité opérationnelle mentionne que « le risque est tolérable seulement s'il peut être démontré que toutes les mesures raisonnables et pratiques ont été prises compte tenu du niveau de risque évalué¹⁵ ». Il s'agit là du principe de l'ALARP (*as low as reasonably practicable*, aussi bas que raisonnablement réalisable). Le cas échéant, des mesures de prévention appropriées doivent être choisies et mises en œuvre afin de réduire le risque.

Exemple d'évaluation du risque – Presse poinçonneuse hydraulique

Concernant la zone dangereuse constituée par la descente de l'outil :

- Le niveau de risque obtenu est :
 - très élevé selon l'outil n° 1 ;
 - de niveau 10 sur un maximum de 10 selon l'outil n° 2.
- Les exigences légales : les zones dangereuses de la machine doivent être inaccessibles selon le RSST.
- Les normes de type C pour les presses exigent des moyens de protection pour cette zone.
- L'état de la technique : plusieurs solutions existent.
- La machine est conçue pour effectuer le travail planifié.

Résultat de l'évaluation du risque : l'accès à cette zone dangereuse doit être empêché lors de la descente de l'outil.

14. « 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. (Source : Guide ISO/CEI 2:2004).

15. Source : Clause 3.1, CSA Z767:F17 (C2022), *Gestion de la sécurité opérationnelle* © 2017 Association canadienne de normalisation. Veuillez visiter csagroup.org/fr/store/.

2. LA RÉDUCTION DU RISQUE

L'objectif de la démarche de réduction du risque est d'éliminer les phénomènes dangereux dans la mesure du possible, sinon de réduire les risques au plus bas niveau possible compte tenu de l'état de la technique, tout en considérant les besoins et les contraintes liés à l'opération de la machine.

Les mesures de prévention doivent être choisies dans le respect de la hiérarchie des moyens de réduction du risque qui décrit les moyens à appliquer selon un ordre d'efficacité. Voici la hiérarchie à respecter :

1. L'élimination du phénomène dangereux à la source.
2. Le remplacement de matériaux, de processus ou d'équipements.
3. Les contrôles techniques (ex. : protecteur sur une machine, dispositif de protection).
4. Les mesures qui augmentent la sensibilisation à la présence du risque (ex. : alarme sonore, signalisation).
5. Les mesures administratives (ex. : procédures de travail sécuritaire, formation du travailleur).
6. Les équipements de protection individuelle (ex. : gants, lunettes, mesures pour assurer l'utilisation et l'entretien adéquats).

Une fois la mesure de prévention sélectionnée pour diminuer le risque, il faut procéder de nouveau à l'estimation du risque en utilisant le même outil d'estimation, puis procéder à une nouvelle évaluation afin de déterminer si la mesure envisagée est adaptée et permet de réduire suffisamment le risque (voir figure 1).

Il faut s'assurer que les mesures de prévention choisies permettent de réduire le risque sans créer de nouveaux phénomènes dangereux. Si de nouveaux phénomènes dangereux sont créés, il faut refaire les étapes du processus d'appréciation et de réduction du risque en considérant ces nouveaux phénomènes dangereux.

Fonction de sécurité

Lorsque le contrôle technique choisi est relié au système de commande de la machine (ex. : protecteur muni d'un dispositif de verrouillage, barrage immatériel, tapis sensible), il exerce une **fonction de sécurité**. Plus cette fonction de sécurité contribue à la sécurité de la machine, plus elle doit être fiable. Le niveau de performance requis (PLr) ou le niveau d'intégrité de sécurité (SIL) exigé pour cette fonction de sécurité peut être mentionné dans une norme de type C applicable à la machine. Sinon, le PLr ou le SIL exigé pour la fonction de sécurité est déterminé selon les paramètres spécifiés dans les normes telles que ISO 13849-1 ou CEI 62061.

ISO 12100 définit la réduction adéquate du risque comme suit :

ISO 12100

réduction adéquate du risque

réduction du risque répondant au moins aux exigences légales, l'état de la technique du moment étant pris en considération

[...]

Comme indiqué dans la norme ISO 12100, une réduction adéquate du risque est obtenue lorsque :

ISO 12100

5.6.2 Réduction du risque adéquate

- toutes les conditions de fonctionnement et toutes les procédures d'intervention ont été prises en compte ;
- les phénomènes dangereux ont été éliminés ou les risques réduits au plus bas niveau possible ;
- tous les phénomènes dangereux nouveaux introduits par les mesures de prévention ont été traités de façon appropriée ;
- les utilisateurs sont suffisamment informés et avertis des risques résiduels [...];
- les mesures de prévention prises sont compatibles entre elles ;
- les conséquences possibles de l'utilisation d'une machine conçue pour un usage professionnel/industriel dans un cadre non professionnel/non industriel ont été suffisamment prises en considération ;
- les mesures de prévention prises n'affectent pas les conditions de travail de l'opérateur ou l'aptitude de la machine à remplir sa fonction.

La norme ISO 12100 définit le risque résiduel comme suit :

ISO 12100

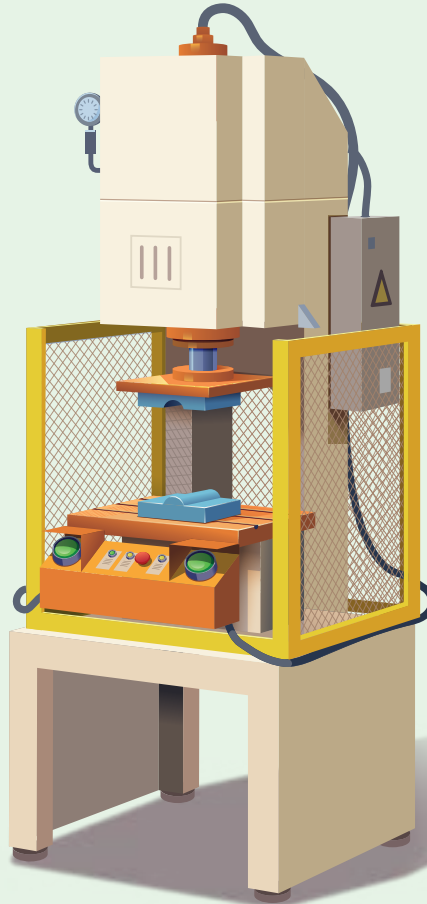
risque résiduel

risque subsistant après que des mesures de prévention ont été appliquées

[...]

Exemple – Presse poinçonneuse hydraulique

Mesure de réduction du risque retenue : remplacement de la pédale par une commande bimanuelle conçue et installée selon les règles de l'art.



Estimation avec mesure de réduction - outil n° 1

N°	Tâches ou étapes	Processus accidentel		Mesure de réduction du risque		Estimation du risque avec la mesure retenue Outil n°1		
		Phénomène dangereux	(...)	Mesure de prévention retenue	Niveau de performance requis (PLr) ou niveau d'intégrité de sécurité (SIL) exigé de la fonction de sécurité (si applicable)	Gravité du dommage (G)	Probabilité d'occurrence du dommage (O)	Niveau de risque
1	Alimentation de la presse poinçonneuse	La descente de l'outil	(...)	Remplacement de la pédale par une commande bimanuelle conçue et installée selon les règles de l'art	La norme CSA Z142-10 prescrit un niveau de performance « d » (PLd) conformément à ISO 13849-1	G3 - Grave	O1 - Très peu probable	Modéré

Exemple – Presse poinçonneuse hydraulique

- Dans ce cas-ci, le niveau de risque obtenu avec l'outil n° 1, une fois les mesures mises en place, est acceptable. Si le niveau de risque n'avait pas été acceptable, d'autres mesures auraient dû être sélectionnées, évaluées et mises en place (voir figure 1).

Estimation avec mesure de réduction - outil n° 2

N°	Tâches ou étapes	Processus accidentel		Mesure de réduction du risque		Estimation du risque avec la mesure retenue Outil n°2				
		Phénomène dangereux	(...)	Mesure de prévention retenue	Niveau de performance requis (PLr) ou niveau d'intégrité de sécurité (SIL) exigé de la fonction de sécurité (si applicable)	Gravité du dommage (G)	Fréquence (F)	Probabilité d'occurrence de l'événement dangereux (O)	Possibilité d'évitement (P)	Niveau de risque
1	Alimentation de la presse poinçonneuse	La descente de la matrice	(...)	Remplacement de la pédale par une commande bimanuelle conçue et installée selon les règles de l'art	La norme CSA Z142-10 prescrit un niveau de performance « d » (PLd) conformément à ISO 13849-1	G3 - Grave	F2 - Élevée	O1 - Très faible	P2 - impossible	8

- Le niveau de risque obtenu avec l'outil n° 2, une fois les mesures mises en place, est passé de 10 à 8. Bien que l'indice soit toujours élevé, cette mesure de réduction du risque est adéquate en fonction de la réglementation.

Note : L'ajout de cette mesure a uniquement influencé la probabilité d'occurrence puisque le travailleur côtoie le même phénomène dangereux durant la même période. La fiabilité de la fonction de sécurité associée à la commande bimanuelle est cruciale pour assurer la sécurité du travailleur, ce qui explique le niveau de performance « PLd » exigé par la norme CSA Z142-10.

ANNEXE 1 – AIDE-MÉMOIRE – PHÉNOMÈNES, SITUATIONS, ÉVÉNEMENTS DANGEREUX ET DOMMAGES

Phénomènes dangereux mécaniques

Les éléments concernant ce type de phénomène dangereux sont indiqués dans les tableaux 2 et 3.

Phénomènes dangereux électriques

Phénomènes dangereux	Exemples : <ul style="list-style-type: none">• Conducteurs sous tension.• Éléments de machine sous tension.• Phénomènes électrostatiques.
Situations dangereuses	Exemple : <ul style="list-style-type: none">• Un travailleur qui change un moteur sur une machine qui est sous tension.
Événements dangereux	Exemple : <ul style="list-style-type: none">• Contact accidentel avec les composantes sous tension de la machine, contact avec une partie de la machine mise accidentellement sous tension, court-circuit, arc électrique.
Dommmages	Exemple : <ul style="list-style-type: none">• Brûlure électrique, explosion créée par l'arc électrique, électrisation (sans décès), électrocution (avec décès).

Phénomènes dangereux thermiques

Phénomènes dangereux	Exemples : <ul style="list-style-type: none">• Objets ou matériaux à des températures extrêmes (hautes ou basses).• Présence de flamme ou explosion.• Présence d'eau chaude, de métal en fusion, de vapeur.• Rayonnement de sources de chaleur, ambiance de travail froide ou chaude, etc.
Situations dangereuses	Exemples : <ul style="list-style-type: none">• Un travailleur qui retire une pièce d'un four.• Un travailleur qui utilise une scie alimentaire dans une pièce réfrigérée à 4 °C.

Événements dangereux	Exemples : <ul style="list-style-type: none"> • Contact accidentel de la main du travailleur avec la paroi du four. • De l'azote liquide tombe sur le bras du travailleur.
Dommmages	Exemples : <ul style="list-style-type: none"> • Brûlure par la chaleur (y compris le feu et les flammes) ou l'eau bouillante. • Effet de la chaleur ou de la lumière. • Engelure/hypothermie.

Phénomènes dangereux engendrés par le bruit

Phénomènes dangereux	Exemples : <ul style="list-style-type: none"> • Fuite d'air comprimé à grande vitesse, jet d'air. • Procédé de fabrication (estampage, coupage, etc.). • Balourd de pièces en rotation. • Pièces usées.
Situations dangereuses	Exemple : <ul style="list-style-type: none"> • Un travailleur qui nettoie des pièces avec un jet d'air comprimé.
Événements dangereux	Exemples : <ul style="list-style-type: none"> • Exposition pendant une longue période à un bruit excessif. • Exposition courte à un bruit intense (détonation, explosion).
Dommmages	Exemples : <ul style="list-style-type: none"> • Détérioration de l'acuité auditive, de l'équilibre. • Fatigue, stress, baisse de la vigilance.

Phénomènes dangereux engendrés par les vibrations

Phénomènes dangereux	Exemples : <ul style="list-style-type: none"> • Défaut d'alignement des pièces en mouvement. • Balourd de pièces en rotation. • Équipement vibrant. • Pièces usées.
Situations dangereuses	Exemple : <ul style="list-style-type: none"> • Un travailleur qui casse du béton à l'aide d'un marteau-piqueur.

Événements dangereux	Exemple : <ul style="list-style-type: none"> • Exposition pendant une longue période aux vibrations.
Dommmages	Exemples : <ul style="list-style-type: none"> • Lombalgies/traumatismes vertébraux. • Troubles neurologiques et ostéoarticulaires. • Troubles vasculaires (p. ex. phénomène dit « des doigts blancs »). • Inconfort (p. ex. engourdissement).

Phénomènes dangereux engendrés par les rayonnements

Phénomènes dangereux	Exemples : <ul style="list-style-type: none"> • Rayonnement de basse fréquence, de fréquence radio, micro-ondes, rayons X et gamma. • Laser, lumière visible, rayonnement infrarouge, ultraviolet, etc.
Situations dangereuses	Exemple : <ul style="list-style-type: none"> • Un travailleur qui se tient proche d'une machine utilisant des rayons X (inspection de soudures, d'aliments, etc.).
Événements dangereux	Exemples : <ul style="list-style-type: none"> • Exposition pendant une longue période à une faible dose de rayons X. • Fuite de rayons X de la machine.
Dommmages	Exemple : <ul style="list-style-type: none"> • Brûlures, mutations génétiques, décès.

Phénomènes dangereux engendrés par des matériaux et des produits

Phénomènes dangereux	Exemples : <ul style="list-style-type: none"> • Agents biologiques et microbiologiques (viraux ou bactériens). • Aérosol. • Combustible. • Poussières. • Produit inflammable, explosif. • Fumée. • Gaz. • Oxydant.
----------------------	--

Situations dangereuses	Exemples : <ul style="list-style-type: none"> • Un travailleur fait fonctionner une machine dans un environnement empoussiéré par de la poussière combustible. • Un travailleur qui décape des meubles en bois.
Événements dangereux	Exemples : <ul style="list-style-type: none"> • Présence d'une source d'inflammation en raison de pièces métalliques en contact (défectuosité mécanique). • Erreur de manipulation qui génère un déversement de produit chimique concentré.
Domages	Exemples : <ul style="list-style-type: none"> • Domages pour la santé. • Décès. • Brûlure chimique. • Domages résultant d'incendies/d'explosions.

Phénomènes dangereux engendrés par le non-respect des principes ergonomiques

Phénomènes dangereux	Exemples : <ul style="list-style-type: none"> • Posture non neutre, force, répétition, absence de micropause, manutention à répétition. • Éclairage inadéquat, etc. • Visibilité déficiente, mauvaise disposition des commandes. • Accès difficile à l'espace de travail, aménagement des lieux, etc.
Situations dangereuses	Exemples : <ul style="list-style-type: none"> • Un travailleur qui se penche plusieurs fois par jour pour ramasser des pièces sur un convoyeur. • Un travailleur qui soulève un équipement de 50 kg.
Événements dangereux	Exemples : <ul style="list-style-type: none"> • La tâche impose des postures contraignantes qui se répètent. • Une pièce qui glisse engendre un mouvement réflexe important du travailleur pour éviter la chute de la pièce.

Dommages	<p>Exemples :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Effets physiologiques (p. ex. troubles musculosquelettiques « TMS ») résultant, par exemple, de postures contraignantes, d'efforts excessifs ou répétitifs. • Effets psychophysiologiques (effets de la surcharge mentale, notamment le stress). • Blessures résultant de fonctionnements intempestifs, eux-mêmes causés par des erreurs humaines favorisées par une mauvaise conception de l'interface homme-machine (p. ex. une disposition inadéquate des organes de service).
----------	---

Phénomènes dangereux associés à l'environnement de travail

Phénomènes dangereux	<p>Exemple :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eau, vent, neige, manque d'oxygène.
Situations dangereuses	<p>Exemple :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un travailleur qui manœuvre une souffleuse à neige sur la glace.
Événements dangereux	<p>Exemple :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dérapage incontrôlé de la souffleuse sur la glace.
Dommages	<p>Exemple :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Brûlure, légère indisposition, glissade, chute, suffocation, décès.

Tableau 11 - Exemples de phénomènes, de situations, d'événements dangereux et de dommages

ANNEXE 2 – GRILLES POUR L'APPRÉCIATION DU RISQUE

Si vous utilisez l'outil n° 1 présenté dans ce guide pour faire l'appréciation du risque, vous pouvez télécharger la grille à remplir à cnesst.gouv.qc.ca/fr/organisation/documentation/formulaires-publications/outil-estimation-risque.

Outil n° 1 – Matrice de risque avec deux paramètres

Information sur la machine (marque, modèle)		Portée de l'appréciation du risque :				Personnes impliquées :			Date :										
N°	Tâches ou étapes	Processus accidentel				Estimation du risque initiale - Outil n° 1			Évaluation			Mesure de réduction du risque			Estimation du risque avec la mesure retenue Outil n° 1			Mise en place des mesures retenues	
		Phénomène dangereux	Situation dangereuse	Événement dangereux	Damage	Gravité du dommage (G)	Probabilité d'occurrence du dommage (O)	Niveau de risque	Est-ce qu'une mesure de réduction du risque est requise?	Mesure de prévention possible	Mesure de prévention retenue	Niveau de performance requis (PLr) ou niveau de l'intégrité de sécurité (SIL) exigé de la fonction de sécurité (si applicable)	Gravité du dommage (G)	Probabilité d'occurrence du dommage (O)	Niveau de risque	Priorité	Suivi		
	Énumérer les différentes tâches réalisées par les travailleurs	Source possible de dommage	Toute situation dans laquelle une personne est exposée à un ou plusieurs phénomènes dangereux	Événement d'origine technique, humaine ou organisationnelle susceptible de causer des dommages à une personne	Lésions physiques ou atteintes à la santé d'une personne	G1, G2, G3 ou G4	O1, O2, O3 ou O4	Faible, modéré, élevé ou très élevé	oui ou non	Décrire les moyens possibles pour réduire le risque	Décrire les moyens retenus pour réduire le risque	Spécifié dans la norme applicable à la machine (norme type C), sinon déterminé selon la norme ISO 13849-1 ou CEI 62061.	G1, G2, G3 ou G4	O1, O2, O3 ou O4	Faible, modéré, élevé ou très élevé	La milieu de travail établit une priorité d'action.	Le nom de la personne responsable et l'état d'avancement des travaux.		
1																			
2																			
3																			
4																			
(...)																			

Matrice de risque avec deux paramètres

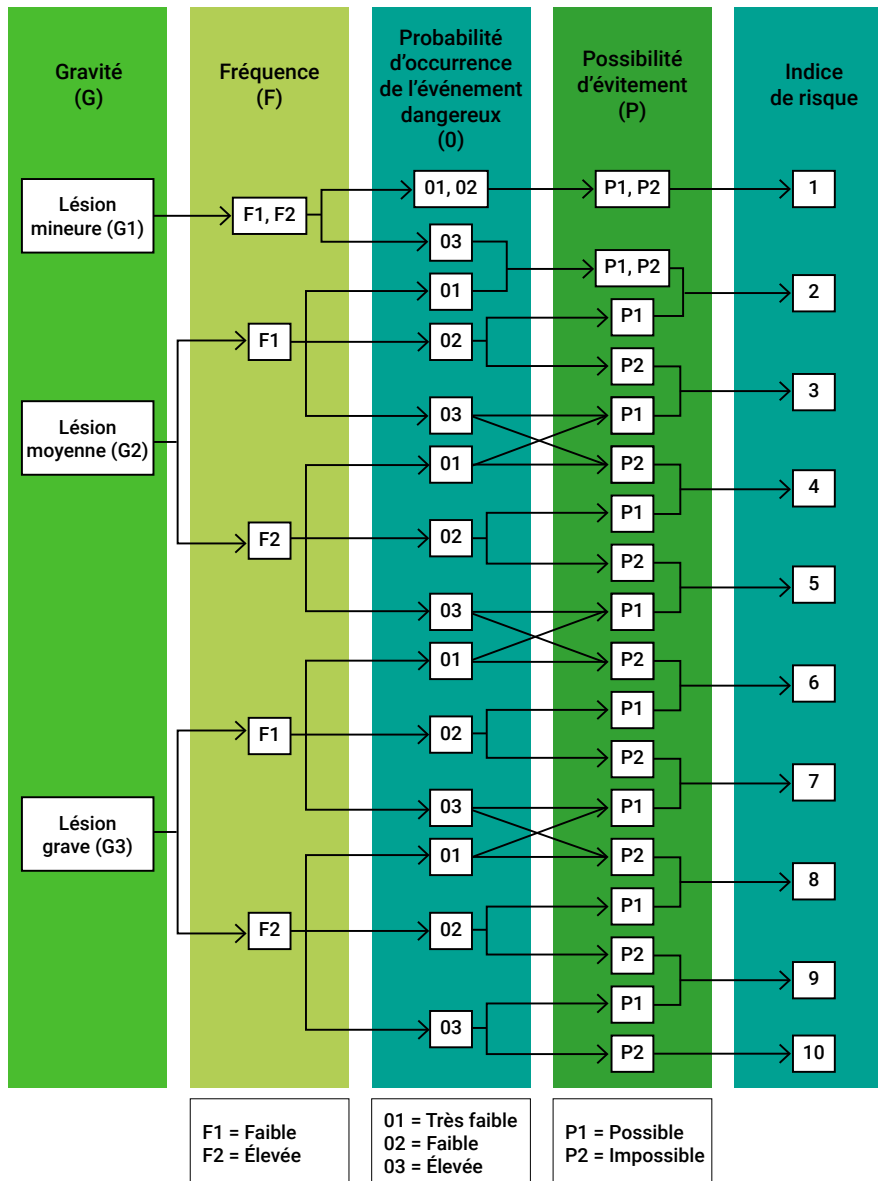
Gravité \ Probabilité	Gravité			
	Très grave G4	Grave G3	Modérée G2	Mineure G1
Très probable O4	très élevé	très élevé	élevé	modéré
Probable O3	très élevé	élevé	modéré	faible
Peu probable O2	élevé	modéré	modéré	faible
Très peu probable O1	modéré	modéré	modéré	faible

Si vous utilisez l'outil n° 2 présenté dans ce guide pour faire l'appréciation du risque, vous pouvez télécharger la grille à remplir à cnesst.gouv.qc.ca/fr/organisation/documentation/formulaires-publications/outil-estimation-no2.

Outil n° 2 - Logigramme de risque

Information sur la machine (marque, modèle)		Portée de l'appréciation du risque :		Personnes impliquées :		Date :														
N°	Processus accidentel				Estimation du risque initiale - Outil n°2				Évaluation		Mesure de réduction du risque				Estimation du risque avec la mesure retenue - Outil n°2		Mise en place des mesures retenues			
	Phénomène dangereux	Situation dangereuse	Événement dangereux	Domage	Gravité du dommage (G)	Fréquence (F)	Probabilité d'occurrence de l'événement dangereux (O)	Possibilité d'évitement (P)	Niveau de risque	Fait-ce qu'une mesure de réduction du risque est requise?	Mesure de prévention possible	Mesure de prévention retenue	Niveau de performance requis (P2) ou niveau d'intégrité de sécurité (SIS) exigé de la fonction de sécurité (si applicable)	Gravité du dommage (G)	Fréquence (F)	Probabilité d'occurrence de l'événement dangereux (O)	Possibilité d'évitement (P)	Niveau de risque	Priorité	Suivi
	Énumérer les différentes tâches réalisées par les travailleurs	Toute situation dans laquelle une personne est exposée à un ou plusieurs phénomènes dangereux	Événement d'origine technique, humaine ou organisationnelle susceptible de causer des dommages à une personne	Lésions physiques ou atteintes à la santé d'une personne	G1, G2 ou G3	F1 ou F2	O1, O2 ou O3	P1 ou P2	1 à 10	oui ou non	Décrivez les moyens possibles pour réduire le risque	Décrivez les moyens retenus pour réduire le risque	Spécifié dans la norme applicable à la machine (norme type C), sinon déterminé selon la norme ISO 13849-1 ou ISO 15026	G1, G2 ou G3	F1 ou F2	O1, O2 ou O3	P1 ou P2	1 à 10	Le niveau de travail établi une priorité d'action.	Le nom de la personne responsable et l'état d'avancement des tâches.

Logigramme de risque à quatre paramètres



ANNEXE 3 – RÉFÉRENCES

ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION. *Code régissant l'opération des presses : exigences concernant la santé, la sécurité et la protection*, 5^e édition, Mississauga, CSA, 2010, 89 p. (CSA Z142-10).

ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION. *Protection des machines*, 3^e édition, Toronto, CSA, 2017, 180 p. (CSA Z432-16).

ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION. *Gestion de la sécurité opérationnelle*, Toronto, CSA, 2017, 44 p. (CSA Z767-17).

ÉTATS-UNIS. DEPARTMENT OF DEFENSE. *Department of defense standard practice system safety*, Washington, D.C., Department of Defense, 2012, 98 p. (MIL STD 882E-2012).

INSTITUT DE RECHERCHE ROBERT-SAUVÉ EN SANTÉ ET EN SÉCURITÉ DU TRAVAIL. *Analyse expérimentale des outils d'estimation du risque associé aux machines industrielles*, Montréal, IRSST, 2011, 69 p. (Études et recherches : sécurité des outils, des machines et des procédés industriels ; R-697).

INSTITUT DE RECHERCHE ROBERT-SAUVÉ EN SANTÉ ET EN SÉCURITÉ DU TRAVAIL. *Étude sur la sécurité des machines lors des interventions en mode de vitesse ou d'efforts réduits*, Montréal, IRSST, 2015, 96 p. (Études et recherches : prévention des risques mécaniques et physiques ; R-888).

INSTITUT DE RECHERCHE ROBERT-SAUVÉ EN SANTÉ ET EN SÉCURITÉ DU TRAVAIL. *Sécurité des machines et mode de fonctionnement à énergie réduite - Démarche pour le choix de valeurs sécuritaires*, Montréal, IRSST, 2018, 13 p. (RG-1002).

ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION, et COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE. *Normalisation et activités connexes – Vocabulaire général*, 8^e édition, Genève, ISO, 2004, 60 p. (ISO/CEI Guide2:2004).

ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION. *Sécurité des machines – Principes généraux de conception – Appréciation et réduction du risque*, Genève, ISO, 2010, 82 p. (ISO 12100:2010).

ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION. *Sécurité des machines – Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité – Partie 1 : Principes généraux de conception*, 4^e édition, Genève, ISO, 2023, 165 p. (ISO 13849-1:2023).

ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION. *Sécurité des machines – Appréciation du risque – Partie 2 : Lignes directrices pratiques et exemples de méthodes*, Genève, ISO, 2007, 78 p. (ISO/TR 14121-2:2007).

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).

QUÉBEC. *Loi sur les ingénieurs, RLRQ, chapitre I-9, à jour au 27 août 2023*, [En ligne], 2023. (Consulté le 15 septembre 2023).

QUÉBEC. *Règlement sur la santé et la sécurité du travail, RLRQ, chapitre S-2.1, r. 13, à jour au 1^{er} mars 2023*, [En ligne], 2023. (Consulté le 31 juillet 2023).



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