

---

---

**Sécurité des machines — Notions  
fondamentales, principes généraux  
de conception —**

**Partie 2:  
Principes techniques**

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
*Safety of machinery — Basic concepts, general principles for design —  
Part 2: Technical principles*  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 12100-2:2003

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5905848a-21f6-4fd9-979f-8953fdb98cf/iso-12100-2-2003>



**PDF – Exonération de responsabilité**

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 12100-2:2003](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5905848a-21f6-4f1f-979f-8953fd1b98cf/iso-12100-2-2003)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5905848a-21f6-4f1f-979f-8953fd1b98cf/iso-12100-2-2003>

© ISO 2003

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20  
Tel. + 41 22 749 01 11  
Fax. + 41 22 749 09 47  
E-mail [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

|   |           |
|---|-----------|
| Avant-propos .....  | iv        |
| Introduction .....  | v         |
| <b>1</b> <b>Domaine d'application .....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2</b> <b>Références normatives.....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>3</b> <b>Termes et définitions .....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>4</b> <b>Prévention intrinsèque .....</b>  | <b>1</b>  |
| 4.1 <b>Généralités.....</b>   | <b>1</b>  |
| 4.2 <b>Prise en compte des facteurs géométriques et des aspects physiques .....</b>   | <b>2</b>  |
| 4.3 <b>Prise en compte des connaissances techniques générales sur la conception des machines.....</b>   | <b>3</b>  |
| 4.4 <b>Choix d'une technologie adéquate .....</b>   | <b>4</b>  |
| 4.5 <b>Application du principe de l'action mécanique positive d'un organe sur un autre .....</b>  | <b>4</b>  |
| 4.6 <b>Dispositions relatives à la stabilité .....</b>  | <b>4</b>  |
| 4.7 <b>Dispositions relatives à la maintenabilité.....</b>  | <b>5</b>  |
| 4.8 <b>Respect des principes ergonomiques .....</b>   | <b>5</b>  |
| 4.9 <b>Prévention du phénomène dangereux électrique.....</b>  | <b>6</b>  |
| 4.10 <b>Prévention des phénomènes dangereux engendrés par les équipements hydrauliques et pneumatiques.....</b>   | <b>6</b>  |
| 4.11 <b>Application de mesures de prévention intrinsèque aux systèmes de commande .....</b>   | <b>7</b>  |
| 4.12 <b>Réduction à un minimum de la probabilité de défaillance des fonctions de sécurité.....</b>  | <b>13</b> |
| 4.13 <b>Limitation de l'exposition aux phénomènes dangereux par la fiabilité du matériel .....</b>  | <b>13</b> |
| 4.14 <b>Limitation de l'exposition aux phénomènes dangereux par la mécanisation ou l'automatisation des opérations de chargement (alimentation) / déchargement (évacuation) .....</b> | <b>14</b> |
| 4.15 <b>Limitation de l'exposition aux phénomènes dangereux par le positionnement des points de réglage et de maintenance à l'extérieur des zones dangereuses.....</b>                | <b>14</b> |
| <b>5</b> <b>Protection et mesures de prévention complémentaires.....</b>  | <b>14</b> |
| 5.1 <b>Généralités.....</b>   | <b>14</b> |
| 5.2 <b>Choix et mise en œuvre des protecteurs et dispositifs de protection .....</b>  | <b>15</b> |
| 5.3 <b>Exigences relatives à la conception et à la construction des protecteurs et des dispositifs de protection .....</b>  | <b>20</b> |
| 5.4 <b>Mesures de protection destinées à réduire les émissions .....</b>  | <b>23</b> |
| 5.5 <b>Mesures de prévention complémentaires .....</b>  | <b>24</b> |
| <b>6</b> <b>Informations pour l'utilisation .....</b>   | <b>26</b> |
| 6.1 <b>Exigences générales.....</b>   | <b>26</b> |
| 6.2 <b>Emplacement et nature des informations pour l'utilisation .....</b>  | <b>27</b> |
| 6.3 <b>Signaux et dispositifs d'avertissement.....</b>  | <b>27</b> |
| 6.4 <b>Inscriptions, signes (pictogrammes), avertissements écrits .....</b>   | <b>28</b> |
| 6.5 <b>Documents d'accompagnement (en particulier notice d'instructions) .....</b>  | <b>29</b> |
| Bibliographie .....   | 32        |

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO 12100-2 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 199, *Sécurité des machines*.

Cette édition annule et remplace l'ISO/TR 12100:1992 qui a fait l'objet d'une révision technique.

Cette norme est issue de la révision de l'EN 292 :1991 / ISO/TR 12100:1992, par un groupe de travail spécial composé d'experts de l'ISO, du CEN, de la CEI et du CENELEC.

L'ISO 12100 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Sécurité des machines — Notions fondamentales, principes généraux de conception*:

- *Partie 1: Terminologie de base, méthodologie*, exprimant la méthodologie générale de base qui doit être suivie lors de la conception des machines et de l'élaboration de normes de sécurité pour les machines, ainsi que la terminologie de base relative à la philosophie sous-jacente à ce travail;
- *Partie 2: Principes techniques*, donnant des conseils sur la manière dont cette philosophie peut être appliquée en utilisant les techniques disponibles.

## Introduction

Le premier objectif de la norme ISO 12100 est de fournir aux concepteurs un canevas et un guide de portée générale leur permettant de produire des machines qui soient sûres dans les conditions normales d'utilisation. Elle fournit aussi une stratégie aux rédacteurs de normes.

La notion de sécurité des machines prend en compte l'aptitude d'une machine à accomplir la ou les fonction(s) prévue(s) pendant toute sa durée de vie, le risque résiduel ayant été réduit de manière adéquate.

Cette norme constitue la base d'une série de normes articulées de la façon suivante:

- **normes de type A** (normes fondamentales de sécurité), contenant des notions fondamentales, des principes de conception et des aspects généraux relatifs aux machines;
- **normes de type B** (normes génériques de sécurité), traitant d'un aspect de la sécurité ou d'un moyen de protection valable pour une large gamme de machines:
  - normes de type B1, traitant d'aspects particuliers de la sécurité (par exemple, distances de sécurité, température superficielle, bruit);
  - normes de type B2, traitant de moyens de protection (par exemple, commandes bimanuelles, dispositifs de verrouillage, dispositifs sensibles à la pression, protecteurs);
- **normes de type C** (normes de sécurité par catégorie de machines), traitant des prescriptions de sécurité détaillées s'appliquant à une machine particulière ou à un groupe de machines particulier.

Cette norme est une norme de type A. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5905848a-21f6-4f1f-979f-8953fd1b98cf/iso-12100-2-2003>

Les sujets abordés dans nombre d'articles ou paragraphes de cette norme sont également traités, de façon plus détaillée, dans d'autres normes de type A ou B.

Lorsqu'une norme de type C s'écarte d'une ou de plusieurs dispositions de la Partie 2 de la présente norme ou d'une norme de type B, c'est la norme de type C qui prend le pas sur les autres.

Il est recommandé que cette norme soit introduite dans des cours et des manuels destinés à transmettre aux concepteurs la terminologie de base et les méthodes générales de conception.

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 12100-2:2003](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5905848a-21f6-4fd9-979f-8953fdb98cf/iso-12100-2-2003>

# Sécurité des machines — Notions fondamentales, principes généraux de conception — Partie 2: Principes techniques

## 1 Domaine d'application

Cette norme définit des principes techniques destinés à aider les concepteurs à intégrer la sécurité dans la conception des machines.

L'ISO 12100-2 est destinée à être utilisée conjointement avec l'ISO 12100-1 lors de l'étude de la solution à un problème particulier. Ces deux parties de la présente norme peuvent être utilisées indépendamment d'autres documents, ou comme document de base pour l'élaboration d'autres normes de type A ou de normes de type B ou C.

La présente norme ne traite pas des dommages causés aux animaux domestiques, aux biens ou à l'environnement.

## 2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60204-1:1997, *Sécurité des machines — Équipement électrique des machines — Partie 1: Règles générales*

ISO 12100-1:2003, *Sécurité des machines — Notions fondamentales, principes généraux de conception — Partie 1: Terminologie de base, méthodologie*

## 3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les termes et définitions donnés dans l'ISO 12100-1:2003 s'appliquent.

## 4 Prévention intrinsèque

### 4.1 Généralités

La prévention intrinsèque constitue la première et la plus importante étape du processus de réduction du risque, car les mesures de prévention qui sont incluses dans les caractéristiques de la machine ont de bonnes chances de rester efficaces en permanence; en revanche, l'expérience prouve qu'une protection, même bien conçue, peut présenter une défaillance ou être contournée, et que l'information pour l'utilisation peut ne pas être suivie.

La prévention intrinsèque consiste à éviter les phénomènes dangereux ou à réduire les risques par un choix judicieux des caractéristiques de conception de la machine proprement dite et/ou du mode d'interaction entre les personnes exposées et la machine.

NOTE L'Article 5 indique des moyens de protection et des mesures de prévention complémentaires qui permettent d'atteindre les objectifs de réduction du risque lorsque la prévention intrinsèque ne suffit pas (voir la méthode des trois étapes dans l'ISO 12100-1:2003, Article 5).

## **4.2 Prise en compte des facteurs géométriques et des aspects physiques**

### **4.2.1 Facteurs géométriques**

Ces facteurs peuvent être, par exemple:

- la conception de la forme de la machine afin que que les zones de travail et les zones dangereuses soient autant que possible visibles depuis le poste de commande, par exemple en réduisant les angles morts, et en choisissant et en installant des moyens de visibilité indirecte (par exemple des miroirs) lorsque cela est nécessaire pour tenir compte les caractéristiques de la vision humaine, en particulier lorsque la sécurité du travail exige une surveillance permanente directe par l'opérateur, par exemple :
  - zone de déplacement et de travail des machines mobiles;
  - zone de mouvement des charges soulevées ou de l'habitacle des machines servant au levage des personnes;
  - zone de contact de l'outil d'une machine tenue ou guidée à la main avec le matériau travaillé;

La conception de la machine doit être telle que l'opérateur puisse, depuis le poste de commande principal, s'assurer qu'aucune personne exposée ne se trouve dans les zones dangereuses;

- la forme et la position relative des composants mécaniques; par exemple, les phénomènes dangereux d'écrasement et de cisaillement sont évités par une augmentation de l'écartement minimal entre les pièces en mouvement, de sorte que la partie du corps considérée puisse prendre place sans risque dans l'espace ainsi créé, ou par réduction de cet écartement de façon qu'aucune partie du corps ne puisse y entrer (voir ISO 13852, ISO 13853, ISO 13854);
- la suppression des arêtes vives, des angles vifs, des pièces saillantes. Pour autant que leur destination le permette, les parties accessibles de la machine ne doivent pas présenter d'arêtes vives, d'angles vifs, de surfaces rugueuses, de pièces saillantes pouvant être cause de blessures, ni d'ouvertures susceptibles de «piéger» certaines parties du corps ou des vêtements. En particulier, les rives des tôles doivent être ébavurées, pourvues d'un rebord ou rabattues, les extrémités ouvertes de tubes qui pourraient constituer un «piège» doivent être obturées;
- la conception de la forme de la machine de manière à assurer une posture de travail adaptée et une bonne accessibilité des organes de service.

### **4.2.2 Aspects physiques**

Ces aspects peuvent être, par exemple:

- la limitation de l'effort d'entraînement à une valeur suffisamment faible pour que l'élément entraîné n'engendre aucun phénomène dangereux mécanique;
- la limitation de la masse et/ou de la vitesse des éléments mobiles, donc de leur énergie cinétique;
- la limitation des émissions par une action sur les caractéristiques de la source:
  - des mesures de réduction de l'émission de bruit à la source sont données dans l'ISO/TR 11688-1;

- les mesures de réduction des vibrations à la source comprennent par exemple l'ajout ou la redistribution de masses, la modification de paramètres de fonctionnement tels que la fréquence et/ou l'amplitude des mouvements. Pour les machines tenues ou guidées à la main, des mesures de réduction des vibrations à la source sont données dans le CR 1030-1;
- les mesures de réduction des émissions de substances dangereuses comprennent par exemple l'utilisation de substances moins dangereuses ou la mise en œuvre de procédés réduisant les dégagements de poussières;
- les mesures de réduction des émissions de rayonnements comprennent par exemple l'exclusion des sources de rayonnements dangereux, la limitation de la puissance des sources au plus faible niveau permettant le bon fonctionnement de la machine, la conception des sources de telle sorte que le faisceau soit concentré sur la cible, l'accroissement de la distance entre la source et l'opérateur ou la télécommande de la machine. Des mesures de réduction des émissions de rayonnements non ionisants sont données en 5.4.5 et dans l'EN 12198-1/-3.

### 4.3 Prise en compte des connaissances techniques générales sur la conception des machines

Ces connaissances techniques générales peuvent être tirées de spécifications techniques de conception (par exemple de normes, codes de conception, règles de calcul). Il convient de les utiliser pour traiter:

a) les contraintes mécaniques, par exemple:

- limitation des contraintes par la mise en œuvre de méthodes de calcul, de construction et de fixation adéquates, par exemple en ce qui concerne les assemblages par boulonnage ou par soudage;
- limitation des contraintes par prévention des surcharges (par exemple «fusibles» mécaniques, limiteurs de pression, points de rupture prédéterminés, limiteurs de couple);
- prévention de la fatigue dans les éléments soumis à des contraintes variables (notamment cycliques);
- équilibrage statique et dynamique des éléments tournants;

b) les matériaux et leurs propriétés, par exemple:

- résistance à la corrosion, au vieillissement, à l'abrasion, à l'usure;
- dureté, ductilité, fragilité;
- homogénéité;
- toxicité;
- inflammabilité;

c) les valeurs d'émission:

- bruit;
- vibrations;
- substances dangereuses;
- rayonnements.

Lorsque la fiabilité de certains composants ou de certains ensembles est essentielle pour la sécurité (par exemple câbles, chaînes, accessoires de levage de charges ou de personnes), les contraintes doivent être multipliées par des coefficients d'utilisation adéquats.

#### 4.4 Choix d'une technologie adéquate

Il est possible d'éliminer un ou plusieurs phénomènes dangereux, ou de réduire un ou plusieurs risques par le choix de la technologie à utiliser pour certaines applications, par exemple:

- a) sur les machines destinées à être utilisées en atmosphère explosible:
  - système de commande et actionneurs entièrement pneumatiques ou hydrauliques;
  - équipement électrique «à sécurité intrinsèque» (voir EN 50020);
- b) pour certains produits traités, tels que les solvants: équipement garantissant que la température restera très inférieure au point d'éclair;
- c) équipement «de substitution» destiné à éviter un niveau de bruit élevé:
  - équipement électrique plutôt que pneumatique;
  - dans certaines conditions, coupe au jet d'eau sous haute pression plutôt que par un procédé mécanique.

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

#### 4.5 Application du principe de l'action mécanique positive d'un organe sur un autre

Si un organe mécanique en mouvement entraîne inévitablement un autre organe, par contact direct ou par l'intermédiaire d'éléments rigides, on dit que ces organes sont liés suivant le mode positif. Un exemple en est la manœuvre positive d'ouverture d'appareils de connexion dans un circuit électrique (voir la CEI 60947-5-1 et l'ISO 14119:1998, 5.7).

NOTE Lorsque le mouvement d'un organe mécanique autorise un mouvement indépendant d'un autre organe (par exemple par gravité ou sous l'effet d'un ressort), il n'y a pas d'action mécanique positive du premier organe sur le second.

#### 4.6 Dispositions relatives à la stabilité

Les machines doivent être conçues de manière à être suffisamment stables pour pouvoir être utilisées en sécurité dans les conditions d'utilisation spécifiées.

Les facteurs à prendre en compte sont notamment les suivants:

- géométrie de la surface d'appui;
- distribution des masses, compte tenu de la charge;
- efforts dynamiques résultant de mouvements de parties de la machine, de la machine elle-même, ou d'éléments tenus par la machine, qui pourraient être à l'origine d'un moment de renversement;
- vibrations;
- oscillations du centre de gravité;
- caractéristiques de la surface sur laquelle repose la machine (par exemple état du sol, pente) en cas de déplacement ou de transfert d'un site à un autre;
- forces extérieures (par exemple effets du vent, efforts manuels).

La stabilité doit être prise en compte pendant toutes les phases de la vie de la machine, y compris la maintenance, les déplacements, l'installation, l'utilisation, la mise hors service et le démontage.

D'autres mesures relatives à la stabilité, qui relèvent de la protection, sont données en 5.2.6.

#### 4.7 Dispositions relatives à la maintenabilité

Lors de la conception d'une machine, il faut prendre en considération les facteurs de maintenabilité suivants:

- accessibilité, compte tenu de l'environnement et des dimensions anthropométriques, y compris l'encombrement des vêtements de travail et des outils utilisés;
- facilité de la maintenance, compte tenu des possibilités humaines;
- limitation du nombre des outils et accessoires spéciaux.

#### 4.8 Respect des principes ergonomiques

**4.8.1** Il faut appliquer les principes ergonomiques lors de la conception des machines, afin de réduire la sollicitation et la charge physiques et mentales de l'opérateur. Ces principes doivent être pris en compte dès le début de la conception, lorsqu'on répartit les fonctions entre la machine et l'opérateur (degré d'automatisation).

NOTE Cela améliore aussi les performances et la fiabilité des opérations et diminue de ce fait la probabilité d'erreurs humaines à tous les stades de l'utilisation de la machine.

Les caractéristiques anthropométriques susceptibles d'être rencontrées dans la population d'utilisateurs prévue, les efforts et les postures, l'amplitude des mouvements, la fréquence des actions cycliques doivent être pris en compte (voir ISO 10075-1 et ISO 10075-2).

Tous les éléments de l'interface «opérateur-machine» tels que les organes de service, les moyens de signalisation ou d'affichage de données, doivent être conçus de manière à être facilement compris et à permettre une interaction claire et sans équivoque entre l'opérateur et la machine.

(Voir EN 614-1, ISO 6385, EN 13861 et CEI 61310-1).

Les concepteurs doivent accorder une attention particulière aux aspects ergonomiques suivants de la conception des machines:

**4.8.2** Éviter les postures et mouvements contraignants lors de l'utilisation de la machine (par exemple en équipant la machine de moyens de réglage permettant de l'adapter à différents opérateurs).

**4.8.3** Concevoir les machines, et plus particulièrement les machines portatives ou mobiles, en vue de faciliter leur utilisation compte tenu de l'effort exigé, de l'actionnement des organes de service et de l'anatomie de la main, du bras et de la jambe.

**4.8.4** Éviter autant que possible le bruit, les vibrations, les effets thermiques (températures extrêmes, par exemple).

**4.8.5** Éviter que le rythme de travail de l'opérateur soit lié à une succession automatique de cycles.

**4.8.6** Lorsque les caractéristiques de la machine et/ou de ses protecteurs rendent l'éclairage ambiant insuffisant, équiper la machine de moyens d'éclairage local pour les zones de travail, de mise au point, de réglage et de maintenance régulière. S'ils peuvent provoquer un risque, le papillotement, les causes d'éblouissement, les ombres et les effets stroboscopiques doivent être évités. Si la position de la source lumineuse nécessite des réglages, cette source doit être placée de sorte que la personne qui effectue ces réglages ne soit pas exposée à un risque.

**4.8.7** Choisir, disposer et identifier les organes de service de sorte:

- qu'ils soient clairement visibles et identifiables et, si nécessaire, marqués de manière appropriée (voir 6.4);
- qu'ils soient manœuvrables sans risque, sans hésitation ni perte de temps et sans équivoque (ainsi, une disposition normalisée des organes de service réduit la possibilité d'erreur par un opérateur qui doit passer d'une machine à une autre de type similaire et exécutant les mêmes séquences de fonctionnement);
- que leur disposition (pour les boutons-poussoirs) et leur mouvement (pour les leviers et les volants) soient cohérents avec leur effet (voir CEI 61310-3);
- que leur manœuvre ne puisse pas engendrer de risque supplémentaire.

Voir aussi EN 894-3.

Lorsqu'un organe de service est conçu et réalisé pour exercer plusieurs actions différentes, c'est-à-dire lorsque sa fonction n'est pas univoque (par exemple dans le cas des claviers), l'action commandée doit être affichée en clair et, si nécessaire, dépendre d'une confirmation.

Les organes de service doivent être conçus et réalisés de telle sorte que leur disposition, leur course et l'effort nécessaire pour les actionner soient compatibles avec l'action commandée, compte tenu des principes ergonomiques. Les contraintes dues à l'utilisation nécessaire ou prévisible d'équipements de protection individuelle (par exemple des chaussures ou des gants) doivent être prises en considération.

**4.8.8** Choisir, concevoir et disposer les indicateurs, cadrans et écrans de visualisation de telle sorte que:

- ils soient adaptés aux paramètres et caractéristiques de la perception humaine;
- les informations affichées puissent être détectées, identifiées et interprétées facilement, ce qui implique un affichage de longue durée, clair, sans ambiguïté et compréhensible compte tenu des exigences liées à l'opérateur et de l'usage prévu;
- l'opérateur puisse percevoir leurs indications depuis le poste de commande.

**4.9 Prévention du phénomène dangereux électrique**

Pour la conception de l'équipement électrique des machines, la norme CEI 60204-1:1997 donne des dispositions générales, en particulier dans l'Article 6, qui traite de la protection contre les chocs électriques. Pour les dispositions s'appliquant spécifiquement à des familles de machines, voir les normes de la CEI qui leur sont relatives (par exemple, les normes des séries CEI 61029, CEI 60745, CEI 60335).

**4.10 Prévention des phénomènes dangereux engendrés par les équipements hydrauliques et pneumatiques**

Les équipements hydrauliques et pneumatiques des machines doivent être conçus de telle sorte que:

- la pression maximale admissible ne puisse pas être dépassée dans les circuits (par exemple grâce à des limiteurs de pression);
- aucun phénomène dangereux ne puisse résulter d'un à-coup ou d'une augmentation de pression, ni d'une chute de pression ou de la réduction d'une dépression;
- aucun jet dangereux de fluide ou mouvement brusque dangereux d'un tuyau flexible («coup de fouet») ne puisse résulter d'une fuite ou de la défaillance de composants;

- les récepteurs pneumatiques, les réservoirs d'air ou les capacités analogues (par exemple dans les accumulateurs hydropneumatiques) soient conformes aux règles de conception qui leur sont applicables;
- tous les éléments de l'équipement, et particulièrement les tuyauteries rigides et flexibles, soient protégés contre les agressions externes;
- dans toute la mesure du possible, les réservoirs et capacités similaires (par exemple dans les accumulateurs hydropneumatiques) soient ramenés automatiquement à la pression atmosphérique lorsque la machine est séparée de sa source d'énergie (voir 5.5.4) et, si cela n'est pas possible, que des moyens soient prévus pour isoler ces réservoirs ou capacités et les mettre séparément à la pression atmosphérique, ainsi que pour indiquer la pression qui y règne (voir aussi l'ISO 14118:2000, Article 5);
- tous les éléments qui restent sous pression après séparation de la machine de sa source d'énergie soient munis de dispositifs de mise à la pression atmosphérique clairement identifiés, une inscription d'avertissement attirant l'attention sur la nécessité de mise à la pression atmosphérique avant toute intervention de réglage ou de maintenance sur la machine.

Voir aussi ISO 4413 et ISO 4414.

## 4.11 Application de mesures de prévention intrinsèque aux systèmes de commande

### 4.11.1 Généralités

Le système de commande doit être conçu de manière que, par ses performances en relation avec la sécurité, il contribue suffisamment à la réduction du risque (voir l'ISO 13849-1).

Une bonne conception du système de commande d'une machine peut avoir pour effet d'éviter un comportement imprévu et potentiellement dangereux de la machine.

Causes typiques de comportement dangereux d'une machine:

- mauvaise conception ou altération (accidentelle ou intentionnelle) de la logique du système de commande;
- défaut temporaire ou permanent ou défaillance affectant un ou plusieurs composants du système de commande;
- fluctuation ou défaillance affectant l'alimentation en énergie du système de commande;
- choix, conception ou disposition inadaptes des organes de service.

Exemples typiques de comportement dangereux d'une machine:

- mise en marche intempestive / inattendue (voir ISO 14118);
- variation incontrôlée de la vitesse;
- impossibilité d'obtenir l'arrêt des éléments en mouvement;
- chute ou éjection d'un élément mobile de la machine ou d'une pièce bridée par la machine;
- mouvement de la machine résultant de l'inhibition (neutralisation ou défaillance) de dispositifs de protection.

Pour empêcher tout comportement dangereux des machines et assurer les fonctions de sécurité, la conception des systèmes de commande doit être conforme aux principes et aux méthodes présentés dans ce paragraphe (4.11) et en 4.12. Ces principes et ces méthodes doivent être appliqués séparément ou conjointement selon les circonstances (voir ISO 13849-1 et la CEI 60204-1:1997, Articles 9 à 12).