

---

---

**Machines-outils — Sécurité —  
Machines d'électro-érosion**

*Machine tools — Safety — Electro-discharge machines*

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

[ISO 28881:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6c2bd6ad-ae3b-4a1a-b37c-8ca530e8f2e1/iso-28881-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6c2bd6ad-ae3b-4a1a-b37c-8ca530e8f2e1/iso-28881-2013>



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

ISO 28881:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6c2bd6ad-ae3b-4a1a-b37c-8ca530e8f2e1/iso-28881-2013>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2013

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au 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>3</b>
<b>4</b> <b>Liste des phénomènes dangereux significatifs</b> .....	<b>7</b>
<b>5</b> <b>Exigences et/ou mesures de sécurité</b> .....	<b>10</b>
5.1    Exigences générales.....	10
5.2    Fiabilité des parties du système de commande liées à la sécurité pour les équipements et les systèmes d'usinage par électro-érosion.....	11
5.3    Modes de fonctionnement.....	12
5.4    Fonctions d'arrêt.....	14
5.5    Exigences spécifiques.....	15
<b>6</b> <b>Informations pour l'utilisation</b> .....	<b>26</b>
6.1    Généralités.....	26
6.2    Marquages, signes et avertissements.....	26
6.3    Notice d'instructions.....	27
<b>Annexe A</b> (informative) <b>Exemples et schémas</b> .....	<b>33</b>
<b>Annexe B</b> (normative) <b>Mesure de l'émission de bruit</b> .....	<b>42</b>
<b>Annexe C</b> (informative) <b>Codes de protection contre l'incendie pour les cas régionaux spéciaux</b> .....	<b>43</b>
<b>Annexe D</b> (informative) <b>Lignes directrices pour l'analyse de risque sur un équipement et un système d'usinage par électro-érosion afin d'identifier le niveau de performance requis et, le cas échéant, la catégorie</b> .....	<b>54</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>58</b>

## 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 28881 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 39, *Machines-outils*, sous-comité SC 10, *Sécurité*.

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

[ISO 28881:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6c2bd6ad-ae3b-4a1a-b37c-8ca530e8f2e1/iso-28881-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6c2bd6ad-ae3b-4a1a-b37c-8ca530e8f2e1/iso-28881-2013>

## Introduction

La présente Norme internationale a été établie en vue de constituer une Norme harmonisée fournissant un moyen de se conformer aux exigences essentielles de sécurité de la Directive machines UE et des règlements correspondants de l'AELE.

Le présent document est une norme de type C, telle que définie dans l'ISO 12100:2010.

Les machines concernées et l'étendue du traitement des phénomènes dangereux, des situations et des événements dangereux sont indiquées dans le domaine d'application de la présente Norme internationale. De plus, l'intention est que les équipements et les systèmes d'usinage par électro-érosion soient conçus conformément aux principes de l'ISO 12100 pour les phénomènes dangereux qui ne sont pas couverts par la présente Norme internationale.

Lorsque les dispositions de la présente norme de type C diffèrent de celles qui sont données dans les normes de type A ou B, les dispositions de la présente norme de type C ont priorité sur celles des autres normes, pour les machines conçues et construites conformément aux dispositions de la présente norme de type C.

La présente Norme internationale définit le niveau de performance et les catégories de sécurité des éléments du circuit de commande liés à la sécurité pour les équipements et les systèmes d'usinage par électro-érosion, tels que définis dans l'ISO 13849-1:2006.

Les exigences de la présente Norme internationale s'appliquent aux concepteurs, fabricants, fournisseurs et importateurs des machines décrites dans le domaine d'application.

La présente Norme internationale contient aussi la liste des informations que le fabricant est censé fournir à l'utilisateur.

**ITeH STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**  
ISO 28881:2013  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6c2bd6ad-ae3b-4a1a-b37c-8ca530e8f2e1/iso-28881-2013>

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

ISO 28881:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6c2bd6ad-ae3b-4a1a-b37c-8ca530e8f2e1/iso-28881-2013>

# Machines-outils — Sécurité — Machines d'électro-érosion

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les exigences et/ou les mesures de sécurité applicables aux équipements et aux systèmes d'usinage par électro-érosion, tels que

- les machines de forage par étincelage ou de perçage par électro-érosion à commande manuelle
- les machines de forage par étincelage ou de perçage par électro-érosion à commande numérique
- les machines de coupage par électro-érosion à fil à commande numérique

destinées à être adoptées par les personnes chargées de la conception, de la fabrication, de l'installation et/ou de la fourniture de tels équipements. La présente Norme internationale contient aussi les informations fournies à l'utilisateur par le fabricant.

La présente Norme internationale ne s'applique pas aux machines d'érosion par arc électrique ni aux machines d'usinage électrochimique.

La présente Norme internationale tient compte des conditions préalables d'utilisation normale ainsi que du mauvais usage raisonnablement prévisible, en environnement industriel normal et sans atmosphère explosive, ce qui inclut le transport, l'installation, le réglage, la maintenance, la réparation et le démontage pour évacuation ou mise au rebut des équipements et des systèmes d'usinage par électro-érosion.

La présente Norme internationale s'applique également aux dispositifs auxiliaires essentiels au procédé d'usinage par électro-érosion.

La présente Norme internationale traite de l'ensemble des phénomènes dangereux significatifs, situations dangereuses ou événements dangereux liés aux équipements ou aux systèmes d'usinage par électro-érosion, dans les conditions d'utilisation normale ainsi que dans des conditions de mauvais usage raisonnablement prévisibles par le fabricant (voir Article 4).

La présente Norme internationale est applicable aux machines construites après sa date de publication.

## 2 Références normatives

Les documents suivants, en totalité ou en partie, sont référencés de manière normative dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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).

ISO 3746, *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique et des niveaux d'énergie acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique — Méthode de contrôle employant une surface de mesure enveloppante au-dessus d'un plan réfléchissant*

ISO 4413, *Transmissions hydrauliques — Règles générales et exigences de sécurité relatives aux systèmes et leurs composants*

ISO 4414, *Transmissions pneumatiques — Règles générales et exigences de sécurité pour les systèmes et leurs composants*

ISO 4871, *Acoustique — Déclaration et vérification des valeurs d'émission sonore des machines et équipements*

ISO 11202, *Acoustique — Bruit émis par les machines et équipements — Détermination des niveaux de pression acoustique d'émission au poste de travail et en d'autres positions spécifiées en appliquant des corrections d'environnement approximatives*

## ISO 28881:2013(F)

ISO/TR 11688-1, *Acoustique — Pratique recommandée pour la conception de machines et d'équipements à bruit réduit — Partie 1: Planification*

ISO 12100:2010, *Sécurité des machines — Principes généraux de conception — Appréciation du risque et réduction du risque*

ISO 13849-1:2006, *Sécurité des machines — Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité — Partie 1: Principes généraux de conception*

ISO 13849-2:2003, *Sécurité des machines — Parties des systèmes de commande relatifs à la sécurité — Partie 2: Validation*

ISO 13850, *Sécurité des machines — Arrêt d'urgence — Principes de conception*

ISO 13855, *Sécurité des machines — Positionnement des moyens de protection par rapport à la vitesse d'approche des parties du corps*

ISO 13857:2008, *Sécurité des machines — Distances de sécurité empêchant les membres supérieurs et inférieurs d'atteindre les zones dangereuses*

ISO 14118, *Sécurité des machines — Prévention de la mise en marche intempestive*

ISO 14122-1, *Sécurité des machines — Moyens d'accès permanents aux machines — Partie 1: Choix d'un moyen d'accès fixe entre deux niveaux*

ISO 14122-2, *Sécurité des machines — Moyens d'accès permanents aux machines — Partie 2: Plates-formes de travail et passerelles*

ISO 14122-3, *Sécurité des machines — Moyens d'accès permanents aux machines — Partie 3: Escaliers, échelles à marches et garde-corps*

CEI 60204-1:2009, *Sécurité des machines — Équipement électrique des machines — Partie 1: Règles générales*

CEI 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

CEI 61000-6-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) — Partie 6-2: Normes génériques — Immunité pour les environnements industriels*

CEI 61000-6-4, *Compatibilité électromagnétique (CEM) — Partie 6-4: Normes génériques — Norme sur l'émission pour les environnements industriels*

CEI 61310-1, *Sécurité des machines — Indication, marquage, manœuvre — Partie 1: Exigences pour les signaux visuels, acoustiques et tactiles*

CEI 61310-2, *Sécurité des machines — Indication, marquage, manœuvre — Partie 2: Exigences pour le marquage*

CEI 61558-1, *Sécurité des transformateurs, alimentations, bobines d'inductance et produits analogues — Partie 1: Exigences générales et essais*

CEI 61800-5-2:2007, *Entraînements électriques de puissance à vitesse variable — Partie 5-2: Exigences de sécurité — Fonctionnalité*

EN 2, *Classes de feux*

EN 54-1, *Systèmes de détection et d'alarme incendie — Partie 1: Introduction*

EN 349, *Sécurité des machines — Écartements minimaux pour prévenir les risques d'écrasement de parties du corps humain*

EN 614-1, *Sécurité des machines — Principes ergonomiques de conception — Partie 1: Terminologie et principes généraux*

EN 614-2, *Sécurité des machines — Principes ergonomiques de conception — Partie 2: Interactions entre la conception des machines et les tâches du travail*

EN 626-1, *Sécurité des machines — Réduction du risque pour la santé résultant de substances dangereuses émises par les machines — Partie 1: Principes et spécifications à l'intention des constructeurs de machines*

EN 953:2009, *Sécurité des machines — Protecteurs — Prescriptions générales pour la conception et la construction des protecteurs fixes et mobiles*

EN 1037:2008, *Sécurité des machines — Prévention de la mise en marche intempestive*

EN 1088, *Sécurité des machines — Dispositifs de verrouillage associés à des protecteurs — Principes de conception et de choix*

EN 12198-1, *Sécurité des machines — Estimation et réduction des risques engendrés par les rayonnements émis par les machines — Partie 1: Principes généraux*

EN 12198-2, *Sécurité des machines — Estimation et réduction des risques engendrés par les rayonnements émis par les machines — Partie 2: Procédures de mesurage des émissions de rayonnement*

EN 12198-3, *Sécurité des machines — Estimation et réduction des risques engendrés par les rayonnements émis par les machines — Partie 3: Réduction du rayonnement par atténuation ou par écrans*

EN 62226-1, *Exposition aux champs électriques ou magnétiques à basse et moyenne fréquence — Méthodes de calcul des densités de courants induits et des champs électriques induits dans le corps humain — Partie 1: Généralités*

EN 62226-2-1, *Exposition aux champs électriques ou magnétiques à basse et moyenne fréquence — Méthodes de calcul des densités de courant induit et des champs électriques induits dans le corps humain — Partie 2-1: Exposition à des champs magnétiques — Modèles 2D*

EN 62226-3-1, *Exposition aux champs électriques ou magnétiques à basse et moyenne fréquence — Méthodes de calcul des densités de courant induit et des champs électriques induits dans le corps humain — Partie 3-1: Exposition à des champs électriques — Modèles analytiques et numériques 2D*

EN 62311, *Évaluation des équipements électroniques et électriques en relation avec les restrictions d'exposition humaines aux champs électromagnétiques (0 Hz – 300 GHz)*

CISPR 11, *Appareils industriels, scientifiques et médicaux — Caractéristiques de perturbations radioélectriques — Limites et méthodes de mesure*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 12100:2010 et l'ISO 13849-1:2006 ainsi que les suivants s'appliquent.

#### 3.1

##### **circuit de commande**

<machine> circuit servant à la commande, comprenant la surveillance, de la machine

Note 1 à l'article: Pour l'équipement électrique, voir la CEI 60204-1:2009, 3.8.

#### 3.2

##### **système de commande de la machine**

système qui répond à des signaux d'entrée provenant d'éléments de la machine, d'opérateurs, d'un équipement de commande externe ou d'une combinaison de ces éléments, et qui génère des signaux de sortie spécifiant le comportement prévu de la machine, tel que défini dans l'ISO 13849-1:2006, 3.1.32

### 3.3

#### **fluide diélectrique**

<procédé d'usinage par électro-érosion> milieu non conducteur améliorant l'effet de décharge, évacuant les détritiques et refroidissant la pièce/l'électrode

### 3.4

#### **réservoir du fluide diélectrique**

réservoir utilisé pour maintenir le fluide diélectrique dans un état adapté à l'usinage par électro-érosion

EXEMPLE Le réservoir du fluide diélectrique peut servir, par exemple, pour la filtration et le refroidissement.

### 3.5

#### **équipement d'électro-érosion**

machine-outil qui comprend tous les éléments nécessaires au procédé d'usinage par électro-érosion

EXEMPLE Ces éléments peuvent être le générateur, les circuits de commande et le réservoir de fluide diélectrique.

### 3.6

#### **système d'usinage par électro-érosion**

assemblage d'équipement d'usinage par électro-érosion et d'autres machines ou dispositifs qui sont disposés, reliés et commandés de manière à fonctionner comme un ensemble intégré

### 3.7

#### **changeur d'électrode**

<équipement d'usinage par électro-érosion> mécanisme intégré à la machine pour fournir une électrode chargée au préalable à la place d'une autre électrode

Note 1 à l'article: Le dispositif de changement d'électrode est prévu pour permettre à l'opérateur de charger/décharger les électrodes de l'extérieur de la zone de travail.

### 3.8

#### **usinage par électro-érosion**

#### **EDM**

tout procédé fondé sur l'usinage par étincelage

Note 1 à l'article: L'abréviation EDM vient de l'anglais «Electro Discharge Machining».

### 3.9

#### **compatibilité électromagnétique**

capacité d'un équipement et d'un système d'usinage par électro-érosion à fonctionner de manière satisfaisante dans leur environnement électromagnétique sans introduire de perturbation électromagnétique inacceptable dans cet environnement

Note 1 à l'article: La compatibilité électromagnétique est généralement abrégée «CEM».

### 3.10

#### **volant de commande électronique**

dispositif de commande actionné manuellement qui déclenche et maintient un mouvement d'axe par génération d'impulsions vers la commande numérique au cours de sa rotation

### 3.11

#### **dispositif de validation**

dispositif de commande manuelle supplémentaire utilisé conjointement avec une commande de mise en marche et qui, lorsqu'il est actionné de façon continue, permet à une machine de fonctionner

[SOURCE: ISO 12100:2010, 3.28.2 — modifié.]

### 3.12

#### **fluide diélectrique inflammable**

fluide diélectrique utilisé en usinage par électro-érosion caractérisé par sa relative facilité d'inflammation et sa relative capacité à entretenir la combustion

**3.13****point d'éclair**

température minimale à laquelle le fluide diélectrique utilisé pour le forage par étincelage en usinage par électro-érosion donne suffisamment de gaz ou de vapeur combustible capable de s'enflammer et d'entretenir la combustion

**3.14****générateur**

élément destiné à convertir la puissance électrique fournie à l'équipement et au système d'usinage par électro-érosion afin qu'elle soit utilisée pour le procédé d'usinage par étincelage

**3.15****puissance de décharge électrique dangereuse**

énergie électrique, utilisée pour effectuer l'usinage par enlèvement de matière électro-thermique, qui est supérieure au niveau de tension autorisé pour le contact avec des personnes

**3.16****commande nécessitant une action maintenue**

dispositif de commande qui met et maintient en marche des fonctions d'une machine tant que l'organe de service est actionné

[SOURCE: ISO 12100:2010, 3.28.3 — modifié.]

**3.17****puissance d'usinage électrique**

puissance électrique fournie à l'équipement d'usinage par électro-érosion et au système d'usinage par électro-érosion, et transformée par le générateur en énergie électrique spécifique, destinée à être utilisée comme outil par le système de forage/l'électrode fil et la pièce, pour réaliser l'usinage par enlèvement de matière électro-thermique

**3.18****temps moyen avant défaillance dangereuse****MTTF<sub>d</sub>**

valeur probable de la durée moyenne avant défaillance dangereuse

[SOURCE: ISO 13849-1:2006, 3.1.25 — modifié.]

**3.19****commande numérique****CN****commande numérique par ordinateur****CNC**

commande automatique d'un processus réalisé par un équipement qui utilise des données numériques introduites pendant que l'opération est en cours

[SOURCE: ISO/CEI 2806:1994, définition 2.1.1 — modifié.]

**3.20****mode de fonctionnement**

mode d'utilisation possible de la machine

**3.20.1****mode automatique**

mode d'utilisation sous commande numérique pour effectuer une opération séquentielle programmée avec protecteurs fermés, jusqu'à l'arrêt par le programme ou par l'opérateur

Note 1 à l'article: Ce terme est équivalent à «mode production».

Note 2 à l'article: Pour les machines dotées de programmes de réglage automatique, ces opérations sont considérées en mode automatique.

### 3.20.2

#### **mode réglage**

mode d'utilisation sans puissance électrique d'usinage, destiné aux opérations pour lesquelles les réglages pour l'usinage ultérieur sont effectués par l'opérateur

Note 1 à l'article: Le contrôle des cycles de mesure (par exemple en touchant la pièce à l'aide d'un palpeur ou d'une électrode), le contrôle du mouvement de la pièce et/ou de l'électrode à l'aide de l'électrode et/ou du changeur de pièce, le contrôle/l'optimisation de l'injection ou de l'aspiration de l'arrosage, le fonctionnement à vide pour le contrôle du programme de commande numérique, etc., sont des modes opératoires faisant partie du mode réglage (voir 5.3.2.2).

### 3.20.3

#### **mode d'alignement de décharge**

mode d'utilisation pour un alignement spécifique avec utilisation de la puissance de décharge et ouverture temporaire des protecteurs de l'équipement d'usinage par électro-érosion et mise en place de variantes de mesures de sécurité

EXEMPLE Ce mode peut être utilisé pour un alignement spécifique (par exemple pour le réglage de l'extraction d'air, l'alignement vertical du fil, le réglage d'arrosage diélectrique et le contrôle visuel de l'usinage).

### 3.21

#### **niveau de performance**

##### **PL**

niveau discret d'aptitude de parties relatives à la sécurité à réaliser une fonction de sécurité dans des conditions raisonnablement prévisibles

[SOURCE: ISO 13849-1:2006, 3.1.23 — modifié.]

ITeH STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

### 3.22

#### **blindage**

barrière mécanique ou enceinte en matériau conducteur prévue pour atténuer l'émission/la pénétration d'un champ électromagnétique variable dans une zone définie

### 3.23

#### **procédé d'usinage par électro-érosion**

enlèvement de matériau dans un fluide diélectrique par décharges électriques, effectuées à différents intervalles dans le temps et réparties de manière aléatoire dans l'espace, entre deux électrodes électriquement conductrices, où la puissance de décharge est contrôlée

Note 1 à l'article: Les deux électrodes électriquement conductrices sont l'électrode outil et l'électrode pièce à usiner.

### 3.24

#### **usinage par électro-érosion avec forage par étincelage**

enlèvement de matière par étincelage produisant différentes formes dans la pièce

Note 1 à l'article: Les formes dans la pièce peuvent être des trous concaves, convexes ou prismatiques.

### 3.25

#### **perçage par électro-érosion**

enlèvement de matière par étincelage à l'aide d'une électrode tubulaire pour produire des trous en ligne droite dans la pièce

### 3.26

#### **coupage par usinage par électro-érosion à fil**

enlèvement de matière par étincelage à l'aide d'un fil électrode pour produire des formes prismatiques dans la pièce

### 3.27

#### **zone de travail**

<équipement d'usinage par électro-érosion> espace dans l'enveloppe de la machine où le procédé d'usinage par électro-érosion peut avoir lieu

**3.28****changeur de pièces**

<équipement d'usinage par électro-érosion> mécanisme intégré à la machine pour charger une pièce ou une palette à la place d'une autre pièce ou palette précédemment déchargée

Note 1 à l'article: Le changeur de pièces ou de palette est conçu pour permettre à l'opérateur de charger/décharger les pièces ou les palettes de l'extérieur de la zone de travail.

**3.29****réservoir de travail**

<équipement d'usinage par électro-érosion> élément entourant la zone de travail pour contenir le fluide diélectrique pour le procédé d'usinage par électro-érosion

**4 Liste des phénomènes dangereux significatifs**

Le présent article énumère tous les phénomènes dangereux significatifs, les situations et les événements dangereux, couverts par la présente Norme internationale et identifiés par une analyse de risque comme étant significatifs pour le type de machines concernées et nécessitant la mise en œuvre d'une action pour éliminer ou réduire le risque.

NOTE 1 L'appréciation du risque a pour objectif d'identifier les phénomènes dangereux et d'estimer et d'évaluer le risque devant être réduit et de communiquer le risque restant à l'utilisateur (voir Article 6). Il existe de nombreuses méthodes et de nombreux outils répondant à cet objectif; la présente Norme internationale en décrit un certain nombre. Le choix de la méthode ou de l'outil à appliquer dépend largement du secteur, de la société ou de préférences personnelles. Le choix d'une méthode ou d'un outil spécifique a moins d'importance que le procédé lui-même. Les avantages de l'appréciation du risque résultent de la discipline du procédé plutôt que de la précision des résultats, tant qu'une approche systématique est suivie pour passer de l'identification des phénomènes dangereux à la réduction du risque qui prend en compte tous les éléments de risque (voir l'ISO/TR 14121-2).

La liste des phénomènes dangereux donnée dans le Tableau 1 est le résultat d'une analyse de risque réalisée pour tous les équipements d'usinage par électro-érosion faisant partie du domaine d'application de la présente Norme internationale. Les mesures techniques et informations pour l'utilisation contenues dans les Articles 5 et 6 sont basées sur une analyse de risque et traitent des phénomènes dangereux identifiés soit en les éliminant soit en réduisant les effets qu'ils génèrent.

NOTE 2 L'attention du concepteur est attirée sur les phénomènes dangereux qui peuvent survenir pendant la vie de la machine à l'opérateur et aux autres personnes qui ont accès à la (aux) zone(s) dangereuse(s) dans les conditions d'utilisation prévues, y compris de mauvais usage raisonnablement prévisible de la machine (voir l'ISO 12100:2010, 3.22 et 3.23) pour l'usinage par étincelage en mode automatique et pour les opérations nécessitant des interventions (par exemple le réglage, l'entretien, la réparation).

Les phénomènes dangereux significatifs couverts par la présente Norme internationale sont énumérés au Tableau 1.

Une attention particulière est portée aux phénomènes dangereux suivants:

- phénomènes dangereux électriques (tension des électrodes);
- fluide diélectrique inflammable (niveau, température, détection d'incendie);
- substances dangereuses (élimination des déchets, filtres, fluides diélectriques usés, électrodes et boues);
- émissions électromagnétiques (rayonnées et conduites); voir CEI 61000-6-2 CEM pour l'immunité et CEI 61000-6-4 CEM pour l'émission.

**Tableau 1 — Liste des phénomènes dangereux significatifs et des sources principales de ces phénomènes dangereux associés aux machines d'usinage par électro-érosion**

N° a	Description	Situation/action dangereuse	Activité	Zone dangereuse	Référence au Tableau 3
<b>1</b>	<b>Phénomènes dangereux mécaniques générés par:</b>				
1.1	Accélération, décélération (énergie cinétique des éléments en mouvement contrôlé et non contrôlé): dépassement, impact	Mouvement des éléments de la machine, défaillance du circuit de commande	Réglage, usinage et maintenance	Au niveau et à proximité de la machine	A3 à A5
1.2	Parties coupantes, arêtes vives: écrasement et cisaillement	1.2.1 Bridage de la pièce	Chargement et déchargement, réorientation	Entre les dispositifs de bridage et la pièce	A1, A2, A3
		1.2.2 Changement automatique de pièce/d'électrode	Changement mécanisé d'électrode/de pièce	Enveloppe de mouvement de l'électrode/de la pièce	A1, A2, A3
		1.2.3 Pièces mobiles (par exemple, axes, éléments roulants), défaillance du circuit de commande	Fonctionnement manuel/changement d'électrode/de pièce	Entre la pièce/l'électrode et les éléments de la machine	A1, A2, A3, B4
1.3	Éléments mobiles et/ou rotatifs: happement, enroulement	Changement manuel ou automatique de la pièce/de l'électrode, rotation de la broche et des rouleaux de fil, défaillance du circuit de commande	Changement manuel ou mécanisé de la pièce/de l'électrode et rotation de la broche	Entre la pièce/l'électrode et les éléments de la machine	A1, A2, A3, B4
1.4	Haute pression: injection ou éjection de fluide	Éjection des systèmes hydrauliques/pneumatiques, fuite, arrosage et pression résiduelle	Réglage, usinage et maintenance	Au niveau et à proximité de la machine	A4
1.5	Surface rugueuse, glissante: glissade, perte d'équilibre et chute de personnes (relatifs aux machines)	Éjection ou écoulement de fluides et de lubrifiants, câbles traînant sur le sol ou à raccords desserrés	Pendant et après l'usinage et la maintenance	Réservoirs de travail où l'accès du corps entier est possible, sol glissant et positions de travail élevées, zone entourant la machine	A6
1.6	Perte de stabilité: – machine ou pièces mal équilibrées – pièce mal fixée sur la machine – levage de la machine ou de pièces par grue – transport en surcharge	Impact, emprisonnement et/ou écrasement du fait du dévers et/ou de la chute de la machine	Montage, transport, installation et mise en service de la machine	Au niveau et à proximité de la machine	A9
<b>2</b>	<b>Phénomènes dangereux électriques générés par:</b>				

Tableau 1 (suite)

N° a	Description	Situation/action dangereuse	Activité	Zone dangereuse	Référence au Tableau 3
2.1	Éléments sous tension (contact direct): chocs électriques sur les personnes, effet sur les implants médicaux, choc	Contact avec la pièce/l'électrode/le fil/le trajet du fil, contact avec des circuits non protégés	Commande du procédé d'usinage, réglage et maintenance	Pièce, électrode, outillage, montage	B1, B2
2.2	Parties devenues actives à la suite d'une défaillance (contact indirect) Électrocution de personnes, effet sur les implants médicaux, choc	Contact avec les parties de la machine qui ne sont pas sous tension en fonctionnement normal	Maintenance et entretien du générateur et/ou de la machine	Au niveau et à proximité de la machine, isolation des câbles et de l'équipement	B1, B3
<b>3</b>	<b>Phénomènes dangereux thermiques (non applicables à l'usinage par électro-érosion)</b>				
<b>4</b>	<b>Phénomènes dangereux engendrés par le bruit</b>				
4.1	Procédé de fabrication (pompes à fluide, pièces en mouvement et/ou en rotation, sifflements pneumatiques): perte de l'ouïe et autres troubles physiologiques	Émission de bruits dangereux par l'équipement d'usinage par électro-érosion ou ses dispositifs auxiliaires	Durant le fonctionnement, le réglage, les activités de nettoyage, de maintenance et de réparation	Au niveau de et à proximité de la machine ou de ses dispositifs auxiliaires	C1
<b>5</b>	<b>Phénomènes dangereux engendrés par les vibrations (non applicables à l'usinage par électro-érosion)</b>				
<b>6</b>	<b>Phénomènes dangereux engendrés par les rayonnements</b>				
6.1	Rayonnement électromagnétique: effet sur les défaillances des parties liées à la sécurité du circuit de commande et implants médicaux	Rayonnements dangereux à proximité immédiate de la zone de travail	Durant le fonctionnement de la machine et le réglage	À proximité de la machine ou de ses dispositifs auxiliaires	B4, B5, B6
<b>7</b>	<b>Phénomènes dangereux engendrés par des matériaux et des produits</b>				
7.1	Phénomènes dangereux résultant du contact ou de l'inhalation de fluides, gaz, brouillards et poussières nocifs	Conditions à proximité de la machine dues à l'éjection du fluide diélectrique, à des gouttes ou à l'évaporation, au brouillard, etc.	Au cours du procédé d'usinage par électro-érosion, du réglage, de la maintenance et la mise au rebut de la machine	Au niveau et à proximité de la machine	D1 à D4