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

Machine tools — Safety — Electrical discharge machines

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 28881:2022](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e47638bf-c179-479a-ae5c-bff2ab62dfa9/iso-28881-2022)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e47638bf-c179-479a-ae5c-bff2ab62dfa9/iso-28881-2022>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 28881:2022

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e47638bf-c179-479a-ae5c-bff2ab62dfa9/iso-28881-2022>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2022

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée 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 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	4
4 Liste des phénomènes dangereux significatifs	8
5 Exigences de sécurité et/ou mesures de protection	11
5.1 Exigences générales	11
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
5.3.1 Sélection du mode de fonctionnement	12
5.3.2 Mesures de protection relatives aux modes de fonctionnement	13
5.4 Fonctions d'arrêt	15
5.4.1 Arrêt de fonctionnement	15
5.4.2 Arrêt d'urgence	16
5.5 Exigences spécifiques	16
6 Informations pour l'utilisation	26
6.1 Généralités	26
6.2 Marquages, signes et mises en garde	26
6.3 Notice d'instructions	27
6.3.1 Généralités	27
6.3.2 Recommandations particulières relatives à la préparation du site d'usinage par électro-érosion	27
6.3.3 Recommandations particulières au fonctionnement de l'usinage par électro-érosion	30
6.3.4 Bruit	32
Annexe A (informative) Exemples et schémas	33
Annexe B (normative) Code d'essai acoustique	42
Annexe C (informative) Codes de protection contre l'incendie pour les cas régionaux spéciaux	47
Bibliographie	61

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 (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier, de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est attirée 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. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 39, *Machines-outils*, sous-comité SC 10, *Sécurité*, en collaboration avec le Comité Technique CEN/TC 143, *Machines-outils — Sécurité*, du Comité européen de normalisation (CEN), conformément à l'Accord sur la coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 28881:2013), qui a fait l'objet d'une révision technique. Elle intègre également le Rectificatif technique ISO 28881:2013/Cor.1:2013.

Les principales modifications sont les suivantes:

- le mode de service a été introduit;
- l'[Annexe C](#) a été réécrite.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

Introduction

Le présent document est une norme de type C tel que mentionné dans l'ISO 12100:2010.

Le présent document concerne, en particulier, les groupes de parties prenantes suivants, représentant les acteurs du marché dans le domaine de la sécurité des machines:

- fabricants de machines (petites, moyennes et grandes entreprises);
- les organismes d'hygiène et de sécurité (autorités réglementaires, organismes de prévention des accidents, surveillance du marché, etc.).

D'autres partenaires peuvent être concernés par le niveau de sécurité des machines atteint à l'aide du document par les groupes de parties prenantes mentionnés ci-dessus:

- utilisateurs de machines/employeurs (petites, moyennes et grandes entreprises);
- utilisateurs de machines/salariés (par exemple, syndicats de salariés, organisations représentant des personnes ayant des besoins particuliers);
- prestataires de services, par exemple sociétés de maintenance (petites, moyennes et grandes entreprises);
- consommateurs (dans le cas de machines destinées à être utilisées par des consommateurs).

Les groupes de parties prenantes mentionnés ci-dessus ont eu la possibilité de participer à l'élaboration du présent document.

Les machines concernées et l'étendue des phénomènes, situations et événements dangereux couverts sont indiqués dans le domaine d'application du présent document.

Lorsque des exigences de la présente norme de type C sont différentes de celles énoncées dans les normes de type A ou les normes de type B, les exigences de la présente norme de type C ont priorité sur celles des autres normes pour les machines ayant été conçues et fabriquées conformément aux exigences de la présente norme de type C.

De plus, l'intention est que les équipements et les systèmes d'usinage par électro-érosion soient conçus conformément aux principes de l'ISO 12100:2010 pour les phénomènes dangereux qui ne sont pas couverts par le présent document.

Les exigences du présent document s'appliquent aux concepteurs, fabricants, fournisseurs et importateurs des machines décrites dans le domaine d'application.

Le présent document contient également la liste des informations devant être fournies par le fabricant à l'utilisateur.

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

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les exigences de sécurité et/ou mesures de protection applicables aux équipements et aux systèmes d'usinage par électro-érosion, que doivent respecter les personnes chargées de la conception, de la construction, de l'installation et/ou de la fourniture, notamment:

- 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; et
- les machines de découpe par électro-érosion à fil à commande numérique.

Le présent document contient aussi les informations fournies à l'utilisateur par le fabricant.

Le présent document ne s'applique pas aux machines d'érosion par arc électrique ni aux machines d'usinage électrochimique.

Le présent document 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.

Le présent document s'applique également aux dispositifs auxiliaires essentiels au procédé d'usinage par électro-érosion.

Le présent document 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](#)).

Le présent document est applicable aux machines construites après sa date de publication.

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.

Le présent document définit le niveau de performance exigé 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 13849-1:2015.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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).

ISO 3746:2010, *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 4413:2010, *Transmissions hydrauliques — Règles générales et exigences de sécurité relatives aux systèmes et leurs composants*

ISO 28881:2022(F)

ISO 4414:2010, *Transmissions pneumatiques — Règles générales et exigences de sécurité pour les systèmes et leurs composants*

ISO 4871:1996, *Acoustique — Déclaration et vérification des valeurs d'émission sonore des machines et équipements*

ISO 7010:2019/Amd.2:2020, *Symboles graphiques — Couleurs de sécurité et signaux de sécurité — Signaux de sécurité enregistrés — Amendement 2*

ISO 9355-1:1999, *Spécifications ergonomiques pour la conception des dispositifs de signalisation et des organes de service — Partie 1: Interactions entre l'homme et les dispositifs de signalisation et organes de service*

ISO 9355-3:2006, *Spécifications ergonomiques pour la conception des dispositifs de signalisation et des organes de service — Partie 3: Organes de service*

ISO 11201:2010, *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 dans des conditions approchant celles du champ libre sur plan réfléchissant avec des corrections d'environnement négligeables*

ISO 11202:2010, *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 11202:2010/Amd 1:2020, *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 — Amendement 1*

ISO/TR 11688-1:1995, *Acoustique — Pratiques recommandées 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 13849-1:2015, *Sécurité des machines — Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité — Partie 1: Principes généraux de conception*

ISO 13849-2:2012, *Sécurité des machines — Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité — Partie 2: Validation*

ISO 13850:2015, *Sécurité des machines — Fonction d'arrêt d'urgence — Principes de conception*

ISO 13854:2017, *Sécurité des machines — Écartements minimaux pour prévenir les risques d'écrasement de parties du corps humain*

ISO 13855:2010, *Sécurité des machines — Positionnement des moyens de protection par rapport à la vitesse d'approche des parties du corps*

ISO 13857:2019, *Sécurité des machines — Distances de sécurité empêchant les membres supérieurs et inférieurs d'atteindre les zones dangereuses*

ISO 14118:2017, *Sécurité des machines — Prévention de la mise en marche intempestive*

ISO 14119:2013, *Sécurité des machines — Dispositifs de verrouillage associés à des protecteurs — Principes de conception et de choix*

ISO 14120:2015, *Sécurité des machines — Protecteurs — Prescriptions générales pour la conception et la construction des protecteurs fixes et mobiles*

ISO 14122-1:2016, *Sécurité des machines — Moyens d'accès permanents aux machines — Partie 1: Choix d'un moyen d'accès et des exigences générales d'accès*

- ISO 14122-2:2016, *Sécurité des machines — Moyens d'accès permanents aux machines — Partie 2: Plates-formes de travail et passerelles*
- ISO 14122-3:2016, *Sécurité des machines — Moyens d'accès permanents aux machines — Partie 3: Escaliers, échelles à marches et garde-corps*
- ISO 14123-1:2015, *Sécurité des machines — Réduction des risques pour la santé résultant de substances dangereuses émises par des machines — Partie 1: Principes et spécifications à l'intention des constructeurs de machines*
- IEC 60204-1:2016, *Sécurité des machines — Équipement électrique des machines — Partie 1: Exigences générales*
- IEC 60529:1989/AMD2:2013/COR:2019, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*
- IEC 60947-5-1:2016, *Appareillage à basse tension — Partie 5-1: Appareils et éléments de commutation pour circuits de commande — Appareils électromécaniques pour circuits de commande (RLV Redline version)*
- IEC 61000-6-2:2016, *Compatibilité électromagnétique (CEM) — Partie 6-2: Normes génériques — Immunité pour les environnements industriels*
- IEC 61000-6-4:2018, *Compatibilité électromagnétique (CEM) — Partie 6-4: Normes génériques — Norme sur l'émission pour les environnements industriels*
- IEC 61310-1:2007, *Sécurité des machines — Indication, marquage et manœuvre — Partie 1: Exigences pour les signaux visuels, acoustiques et tactiles*
- IEC 61310-2:2007, *Sécurité des machines — Indication, marquage et manœuvre — Partie 2: Exigences pour le marquage*
- IEC 61558-1:2017, *Sécurité des transformateurs, alimentations, bobines d'inductance et produits analogues — Partie 1: Exigences générales et essais*
- IEC 61800-5-2:2007, *Entraînements électriques de puissance à vitesse variable — Partie 5-2: Exigences de sécurité — Fonctionnelle*
- IEC 62226-1:2005, *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*
- IEC 62226-2-1:2005, *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*
- IEC 62226-3-1:2007/A1:2017, *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 3-1: Exposition à des champs électriques — Modèles analytiques et numériques 2D*
- IEC 62311:2020, *Évaluation des équipements électroniques et électriques en relation avec les restrictions d'exposition humaines aux champs électromagnétiques (0 Hz — 300 GHz)*
- EN 2:1992, *Classes de feux*
- EN 54-1:2021, *Systèmes de détection et d'alarme incendie — Partie 1: Introduction*
- EN 614-1:2006+A1:2009, *Sécurité des machines — Principes ergonomiques de conception — Partie 1: Terminologie et principes généraux*
- EN 614-2:2000+A1:2008, *Sécurité des machines — Principes ergonomiques de conception — Partie 2: Interactions entre la conception des machines et les tâches du travail*
- EN 12198-1:2000+A1:2008, *Sécurité des machines — Estimation et réduction des risques engendrés par les rayonnements émis par les machines — Partie 1: Principes généraux*

EN 12198-2:2002+A1:2008, *Sécurité des machines — Estimation et réduction des risques engendrés par les rayonnements émis par les machines — Partie 2: Procédures de mesure des émissions de rayonnement*

EN 12198-3:2002+A1:2008, *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 55011:2016, *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 13849-1:2015 ainsi que les suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>

3.1 usinage par électro-érosion EDM

tout procédé fondé sur l'usinage par étincelage

3.2 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.

3.3 équipement d'électro-érosion

machine-outil qui comprend tous les éléments nécessaires au procédé d'*usinage par électro-érosion* (3.1)

EXEMPLE Générateur (3.20), circuits de commande (3.8) et réservoir de fluide diélectrique (3.17).

3.4 système d'usinage par électro-érosion

assemblage d'*équipement d'usinage par électro-érosion* (3.3) et d'autres machines ou dispositifs qui sont disposés, reliés et commandés de manière à fonctionner comme un ensemble intégré

3.5 usinage par électro-érosion avec forage par étincelage

enlèvement de matière par étincelage à l'aide d'une pointe d'électrode de forme ou d'une électrode en forme de barre pour produire différentes formes dans la pièce

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

3.6 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

3.7**découpe 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

3.8**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 l'IEC 60204-1:2016, 3.1.10.

3.9**système de commande de la machine****système de commande**

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 13849-1:2015, 3.1.32

3.10**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 2806:1994, 2.1.1, 2.1.22]

3.11**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* (3.10) au cours de sa rotation

3.12**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]

3.13**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]

3.14**fluide diélectrique**

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

3.15**fluide diélectrique inflammable**

fluide diélectrique (3.14) utilisé en *usinage par électro-érosion* (3.1) caractérisé par sa relative facilité d'inflammation et sa relative capacité à entretenir la combustion

3.16

point d'éclair

température minimale à laquelle le *fluide diélectrique* (3.14) utilisé pour l'*usinage par électro-érosion* (3.1) donne suffisamment de gaz ou de vapeur combustible capable de s'enflammer et d'entretenir la combustion

3.17

réservoir du fluide diélectrique

réservoir utilisé pour maintenir le *fluide diélectrique* (3.14) dans un état adapté à l'*usinage par électro-érosion* (3.1)

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

3.18

réservoir de travail

<équipement d'usinage par électro-érosion> élément entourant la *zone de travail* (3.19) pour contenir le *fluide diélectrique* (3.14) pour le *procédé d'usinage par électro-érosion* (3.2)

3.19

zone de travail

<équipement d'usinage par électro-érosion> espace dans l'enveloppe de la machine où le *procédé d'usinage par électro-érosion* (3.2) peut avoir lieu (à l'intérieur et autour du *réservoir de travail* (3.18))

3.20

générateur

élément destiné à convertir la puissance électrique fournie à l'*équipement* (3.3) et au *système d'usinage par électro-érosion* (3.4) afin qu'elle soit utilisée pour le *procédé d'usinage par étincelage*

3.21

puissance d'usinage électrique

puissance électrique fournie à l'*équipement d'usinage par électro-érosion* (3.3) et au *système d'usinage par électro-érosion* (3.4), et transformée par le *générateur* (3.20) 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

3.22

changeur d'électrode

<équipement d'usinage par électro-érosion> mécanisme intégré à la machine pour fournir une électrode à la machine, 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 depuis l'extérieur de la zone de travail.

3.23

changeur de pièces

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

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 vers le magasin depuis l'extérieur de la *zone de travail* (3.19).

3.24

mode de fonctionnement

mode d'utilisation possible de la machine

3.24.1**mode automatique****MO 1: Automatique**

mode d'utilisation sous *commande numérique* (3.10) 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 au mode usinage.

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

3.24.2**mode réglage****MO 2: Réglage**

mode d'utilisation sans *puissance électrique d'usinage* (3.21), 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* (3.23), 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).

3.24.3**mode d'alignement de décharge****MO 3: Intervention manuelle**

mode d'utilisation pour un alignement spécifique avec utilisation de la décharge électrique et ouverture temporaire des protecteurs de l'*équipement d'usinage par électro-érosion* (3.3) et mise en place de variantes de mesures de sécurité

EXEMPLE Réglage de l'extraction d'air, alignement vertical du fil, réglage de l'arrosage par un *fluide diélectrique* (3.14) et contrôle visuel de l'usinage.

3.24.4**mode de service****service MO**

mode pour le service et les opérations d'entretien et de maintenance

Note 1 à l'article: En service MO, l'usinage d'une pièce n'est pas autorisé.

EXEMPLE Étalonnage de l'axe (par exemple au laser), étalonnage du *générateur* (3.20), essai de répétabilité.

3.25**niveau de performance****PL**

niveau discret utilisé pour spécifier l'aptitude de parties relatives à la sécurité des *systèmes de commande* (3.9) à réaliser une fonction de sécurité dans des conditions raisonnablement prévisibles

[SOURCE: ISO 13849-1:2015, 3.9]

3.26**compatibilité électromagnétique****CEM**

capacité d'un *équipement* (3.3) et d'un *système d'usinage par électro-érosion* (3.4) à fonctionner de manière satisfaisante dans leur environnement électromagnétique sans introduire de perturbation électromagnétique inacceptable dans cet environnement

3.27**blindage**

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

4 Liste des phénomènes dangereux significatifs

Le présent article énumère tous les phénomènes dangereux significatifs, les situations et les événements dangereux, traités dans le présent document 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.

Le fabricant doit effectuer une analyse de risque afin de s'assurer que tout autre risque (non couvert par le présent article) est pris en compte.

NOTE 1 L'appréciation du risque a pour objectif d'identifier les phénomènes dangereux, 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; le présent document 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 14121-2:2012).

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 du présent document. Les mesures techniques et informations pour l'utilisation contenues dans l'[Article 5](#) et l'[Article 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. L'appréciation du risque prend pour hypothèse les risques pour l'opérateur et pour les autres personnes qui peuvent avoir accès à la ou aux zones dangereuses dans les conditions d'utilisation prévues, y compris de mauvais usage raisonnablement prévisible de la machine (voir l'ISO 12100:2010, 3.23 et 3.24) pour l'usinage par étincelage en mode automatique et pour les opérations nécessitant des interventions (par exemple le réglage, la maintenance et la réparation).

Les phénomènes dangereux significatifs couverts par le présent document sont énumérés dans le [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 (y compris l'élimination des déchets, les filtres usagés, les fluides diélectriques usagés, les électrodes et les boues);
- émissions électromagnétiques (rayonnées et conduites); voir l'IEC 61000-6-2:2016 CEM pour l'immunité et l'IEC 61000-6-4:2018 CEM pour l'émission.

NOTE 3 Dans le document, le terme général «électrode» désigne l'outil de travail de la machine. Il s'agit du nom de l'outil de travail dans les machines de forage par étincelage ou de perçage par électro-érosion; dans les machines de découpe par électro-érosion à fil, l'outil de travail porte le nom de «fil».

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	Type de phénomènes dangereux	Situation action dangereuse	Activité	Zone dangereuse	Référence au Tableau 3
1	Phénomènes dangereux d'origine mécanique				
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	A1, A2, A3, A8
1.2	Parties coupantes, arêtes vives: écrasement et cisaillement	1.2.1 Bridage de la pièce	Chargement/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	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 sous pression	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 câbles non raccordés	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
		2 Phénomènes dangereux électriques			
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 et contact avec des circuits non protégés	Commande du procédé d'usinage, réglage et maintenance	Pièce, électrode, outillage, montage	B1, B2

^a Cette liste provient de l'ISO 12100:2010, Tableau B.1.