
**Sécurité des machines — Relation avec
l'ISO 12100 —**

**Partie 5:
Implications de l'intelligence
artificielle pour l'apprentissage
automatique**

*Safety of machinery — Relationship with ISO 12100 —
Part 5: Implications of artificial intelligence machine learning*

[ISO/TR 22100-5:2021](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/391fab2c-ca59-48dd-a0e3-05ce500175b5/iso-tr-22100-5-2021)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/391fab2c-ca59-48dd-a0e3-05ce500175b5/iso-tr-22100-5-2021>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/TR 22100-5:2021

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/391fab2c-ca59-48dd-a0e3-05ce500175b5/iso-tr-22100-5-2021>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2021

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	1
4 Utilisation de l'IA dans le secteur des machines	2
4.1 Généralités	2
4.2 Exemples d'utilisation de l'apprentissage automatique par IA dans des machines	2
4.2.1 Exemples sans implications pour la sécurité	2
4.2.2 Exemples avec des implications pour la sécurité	3
5 Conclusion	5
Bibliographie	6

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 22100-5:2021](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/391fab2c-ca59-48dd-a0e3-05ce500175b5/iso-tr-22100-5-2021)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/391fab2c-ca59-48dd-a0e3-05ce500175b5/iso-tr-22100-5-2021>

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/iso/fr/avant-propos.html.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 199, *Sécurité des machines*.

Une liste de toutes les parties de la série ISO/TR 22100 se trouve sur le site web de l'ISO.

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 premier objectif du présent document est de servir de guide pour le développement d'applications d'apprentissage automatique par intelligence artificielle (IA). Du fait de la grande complexité inhérente à l'introduction de l'apprentissage automatique d'IA dans des machines, la sécurité peut être compromise.

Un système de commande peut utiliser l'apprentissage automatique (une technologie d'intelligence artificielle) pour améliorer les performances de la machine ou pour exécuter des tâches. Le système de commande apprend le comportement qui est attendu de lui par le biais d'un entraînement. Cela implique deux étapes: l'entraînement et l'inférence (opération autonome).

Le présent document aide les concepteurs de machines à développer des solutions appropriées pour leurs applications particulières. Il décrit comment appliquer le processus d'appréciation du risque selon l'ISO 12100 aux applications d'apprentissage automatique d'IA.

L'apprentissage automatique d'IA est une technologie qui connaît une évolution rapide dont les effets sur la sécurité des machines n'ont pas jusqu'à présent été évalués.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 22100-5:2021](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/391fab2c-ca59-48dd-a0e3-05ce500175b5/iso-tr-22100-5-2021)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/391fab2c-ca59-48dd-a0e3-05ce500175b5/iso-tr-22100-5-2021>

Sécurité des machines — Relation avec l'ISO 12100 —

Partie 5: Implications de l'intelligence artificielle pour l'apprentissage automatique

1 Domaine d'application

Le présent document traite de la manière dont l'apprentissage automatique d'intelligence artificielle peut impacter la sécurité des machines et des systèmes de machines.

Le présent document décrit comment les phénomènes dangereux associés à l'apprentissage automatique par intelligence artificielle (IA) dans les machines ou les systèmes de machines conçues pour agir dans des limites spécifiques, peuvent être pris en considération dans le processus d'appréciation du risque.

Le présent document n'est pas applicable aux machines ou aux systèmes de machines pour lesquels l'apprentissage automatique des applications d'IA est conçu pour agir au-delà des limites spécifiées, ce qui peut conduire à des effets imprévisibles.

Le présent document ne traite pas des systèmes de sécurité avec une IA, par exemple, capteurs relatifs à la sécurité et autres parties relatives à la sécurité des systèmes de commande.

2 Références normatives

Le présent document ne contient aucune référence normative.

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions 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 intelligence artificielle

IA

discipline qui traite des systèmes informatiques capables d'exécuter des fonctions généralement associées à l'intelligence humaine, telles que le raisonnement, l'apprentissage et l'auto-amélioration

[SOURCE: ISO/IEC 2382:2015, 2121393, modifié — Le mot "ordinateur" a été supprimé de la définition.]

3.2 apprentissage automatique

processus utilisant des algorithmes plutôt qu'un codage procédural, qui permet d'apprendre à partir de données existantes afin de prédire des résultats futurs

[SOURCE: ISO/IEC 38505-1:2017, 3.7]

4 Utilisation de l'IA dans le secteur des machines

4.1 Généralités

Les entreprises du secteur des machines développent constamment des solutions d'IA pour différents processus d'application, tels que:

- a) le contrôle qualité;
- b) l'optimisation des processus;
- c) la surveillance de l'état/des défaillances;
- d) la maintenance prédictive.

Les objectifs généraux de ces applications sont les suivants:

- l'optimisation des performances des machines/des tâches à réaliser par des machines;
- l'utilisation plus efficace des ressources;
- la réduction des effets environnementaux;
- l'amélioration des conditions de travail.

Certaines applications d'IA peuvent avoir des implications sur la fonction de la machine et donc sur la sécurité des machines, et d'autres non. Le fait que l'IA puisse avoir un effet immédiat sur la sécurité des machines dépend de l'effet d'optimisation prévu et de sa réalisation pratique par l'intermédiaire de la conception de la machine.

4.2 Exemples d'utilisation de l'apprentissage automatique par IA dans des machines

4.2.1 Exemples sans implications pour la sécurité

4.2.1.1 Généralités

Il y a de nombreux exemples de processus d'optimisation des machines sans impact sur la sécurité, par exemple, les robots d'emballage qui optimisent des pièces de tailles aléatoires différentes en fonction de la charge exercée sur un patin ou une palette. L'objectif ici est d'obtenir un conditionnement qui ne dépasse pas certaines dimensions ou un certain poids. En tant que tels, ces processus sont prédéterminés. Il n'y a pas d'impact sur la sécurité. Dans ces situations, les applications d'IA n'introduisent pas de nouveaux phénomènes dangereux ou de risques accrus qui ne sont pas pris en considération par les mesures de réduction du risque à appliquer pour un robot d'emballage sans IA.

4.2.1.2 Optimisation d'une machine de pulvérisation d'herbicide¹⁾

Aujourd'hui, il est encore courant que les machines agricoles traitent toutes les plantes comme si elles avaient les mêmes besoins. Pour les machines de pulvérisation d'herbicide, cela signifie une pulvérisation d'ensemble (la même quantité d'herbicide est appliquée à chaque zone, sans tenir compte de la présence réelle de mauvaises herbes).

Un système d'IA qui permet d'identifier une plus grande variété de plantes, en distinguant les plants de cultures des mauvaises herbes (reconnaissance d'image par apprentissage profond), fournit la précision nécessaire à la prise de décisions de gestion des cultures (agriculture de précision) sur le terrain. Pour l'application d'un tel système d'IA, les machines de pulvérisation d'herbicide sont équipées d'une

1) Par exemple, les machines see & spray de Blue River Technology Inc. à l'adresse suivante : <http://smartmachines.bluerivertechnology.com>. Ceci est un exemple de produit approprié disponible sur le marché. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs du présent document et ne signifie nullement que l'ISO approuve ou recommande l'emploi exclusif du produit ainsi désigné.

multitude de caméras qui sont interconnectées avec des buses de pulvérisation conçues sur mesure. En fonction de l'image reconnue (culture ou mauvaises herbes), la quantité optimale d'herbicide est appliquée par les buses de pulvérisation individuelles sur le terrain.

En ce qui concerne la fonction correspondante de la machine (pulvérisation d'herbicide), le fonctionnement en toute sécurité pour ce type de machines de pulvérisation est assuré par une protection adéquate de l'opérateur de la machine contre la poussière de pulvérisation d'herbicide en installant une cabine (avec un filtre ou un système de surpression) sur la machine proprement dite ou sur le tracteur agricole remorquant la machine de pulvérisation. Comparée à la fonction d'une machine conventionnelle, l'application d'IA prescrite ne crée pas de phénomènes dangereux supplémentaires ou n'augmente pas l'ampleur des phénomènes dangereux déjà existants. Par conséquent, il n'est pas nécessaire d'envisager des mesures additionnelles/différentes concernant la sécurité de la machine.

4.2.1.3 Optimisation du système d'enlèvement sur une machine de découpe au laser²⁾

Une machine de découpe au laser entièrement automatique découpe des pièces à partir d'une tôle métallique et les retire de la machine. Ces pièces découpées se présentent dans une variété infinie de formes, de tailles et d'épaisseurs. La machine doit les retirer de la tôle de plusieurs manières différentes en utilisant des ventouses et des broches, faute de quoi la pièce peut rester coincée et arrêter la machine. Avec plus de 2 500 ventouses disponibles pour séparer les pièces des chutes, l'enlèvement des pièces réussit souvent à la première tentative. Mais, si ce n'est pas le cas, la machine peut décider de manière autonome de renouveler ses efforts. Cela nécessite toutefois de nombreuses tentatives. Les 180 broches utilisées pour séparer la pièce des chutes tentent simplement de réaliser cette tâche d'une manière différente. Avec une solution d'IA, cette méthode est plus performante et plus efficace. Lorsque l'enlèvement de la pièce échoue à la première tentative, mais qu'il réussit par la suite, cela produit des données. Ces données sont analysées et comparées à des données provenant d'un processus automatisé et centralisé. Les résultats de cette comparaison des données peuvent alors être transférés d'une machine à toutes les autres machines du même type. De cette manière, les autres machines apprennent la meilleure manière d'extraire une pièce similaire dès la première tentative. Ces systèmes devraient s'améliorer en continu à l'avenir sur la base des données de centaines de milliers d'entrées provenant de l'ensemble de la population de machines.

En ce qui concerne la fonction correspondante de la machine (découpe et enlèvement de pièces métalliques), le fonctionnement en toute sécurité de ce type de machines de découpe au laser est assuré en restreignant l'accès à la table de découpe au moyen de protecteurs (fixes et/ou mobiles). Comparée à la fonction d'une machine conventionnelle, l'application d'IA prescrite ne crée pas de phénomènes dangereux supplémentaires ou n'augmente pas l'ampleur des phénomènes dangereux déjà existants. Par conséquent, il n'est pas nécessaire d'envisager des mesures additionnelles/différentes concernant la sécurité de la machine.

4.2.2 Exemples avec des implications pour la sécurité

Exemple comportant des implications pour la sécurité: le véhicule à guidage automatique (AGV), qui fonctionne dans un espace non limité par des protecteurs de périmètre (par exemple, protecteurs fixes, barrières immatérielles de sécurité) et qui auto-optimise sa navigation via une application d'IA. Dans ce cas, l'application d'IA introduit de nouveaux phénomènes dangereux ou augmente les risques qui ne sont pas pris en considération par l'appréciation du risque d'un AGV sans IA fonctionnant dans un espace limité par des protecteurs de périmètre.

NOTE Un AGV est aussi appelé « chariot industriel sans conducteur » (voir l'ISO 3691-4).

Un AGV sans IA se déplace sur des itinéraires prédéterminés. Les itinéraires sont la plupart du temps séparés des environs.

2) Par exemple, voir la fiche « Exemples d'intelligence artificielle » de TRUMPF (<https://www.trumpf.com>). Ceci est un exemple de produit approprié disponible sur le marché. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs du présent document et ne signifie nullement que l'ISO approuve ou recommande l'emploi exclusif du produit ainsi désigné.

Dans les deux cas (AGV sans IA fonctionnant dans un espace limité par des protecteurs et AGV autonome avec IA fonctionnant dans un espace non limité par des protecteurs), les principes de l'appréciation du risque et de la réduction du risque spécifiés dans l'ISO 12100 sont applicables.

Un AGV autonome peut prendre des itinéraires dans l'usine qui ne sont pas séparés des autres zones (par exemple, lieux de travail). Ici, des personnes sont présentes à des endroits aléatoires. Une application d'IA calcule l'itinéraire recommandé et la vitesse de l'AGV pour optimiser l'ensemble du processus de transport.

Le [Tableau 1](#) décrit les étapes essentielles pour le processus d'appréciation du risque et de réduction du risque selon l'ISO 12100 pour un AGV avec IA et pour un AGV sans IA.

Tableau 1 — Étapes essentielles pour l'appréciation du risque et la réduction du risque selon l'ISO 12100 pour un AGV avec IA et pour un AGV sans IA

ISO 12100	AGV sans IA	AGV avec IA
Limites d'utilisation	Déplacement sur des itinéraires prédéterminés	Déplacement autonome sur des itinéraires variables, à des vitesses variables, de manière optimisée, en tenant compte des distances, des environs et des obstacles connus grâce à l'IA
Limites spatiales	Plage de mouvements de la machine déterminée Interaction homme-machine déterminée	Mouvements de la machine variables dans une frontière prédéterminée Interaction homme-machine non déterminée dans cette frontière
Limites temporelles	Abrasion des pièces d'usure déterminée, prévisible (par exemple, freins)	Abrasion des pièces d'usure variable, partiellement prévisible (par exemple, freins)
Autres limites (limites du véhicule)	Vitesse déterminée	Vitesse variable, optimisée dans les limites prédéterminées.
Identification des phénomènes dangereux	Collision avec des personnes ou des obstacles (cisaillement, écrasement, etc.)	
Estimation du risque (de collision)	Risque de base pour un AGV sans IA basé sur : — la vitesse; — l'accélération; — la masse; — la forme; — la charge; — la capacité de freinage; et d'autres paramètres	Comparés aux risques de base pour un AGV sans IA, des risques additionnels peuvent par exemple résulter : — de l'augmentation de la vitesse; — de l'augmentation de l'accélération; — de changements de direction rapides; — du mouvement de l'AGV dans des zones où le dégagement est insuffisant; en raison des effets de l'IA sur le système de commande de l'AGV
Évaluation du risque	Application des mesures de réduction du risque	Application des mesures de réduction du risque
Réduction du risque par	Protecteurs	Détection des personnes présentes via des systèmes basés sur des capteurs pour ajuster la vitesse (jusqu'à l'arrêt de l'AGV), ou pour ajuster l'itinéraire, ou une combinaison des deux Ajustement du champ de détection en relation avec la vitesse et la position réelles de l'AGV dans la frontière prédéterminée Restriction de l'énergie en limitant la vitesse de l'AGV de sorte que des contacts avec des personnes n'engendrent pas de préjudices