

---

---

**Transmissions hydrauliques —  
Systèmes de comptage automatique en  
ligne de particules en suspension dans  
les liquides — Méthodes d'étalonnage  
et de validation**

*Hydraulic fluid power — Online automatic particle-counting systems  
for liquids — Methods of calibration and validation*  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 11943:2021](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/89e3a6b7-b3b5-4eb5-9f5c-2406d1acfe41/iso-11943-2021)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/89e3a6b7-b3b5-4eb5-9f5c-2406d1acfe41/iso-11943-2021>



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

ISO 11943:2021

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/89e3a6b7-b3b5-4eb5-9f5c-2406d1acfe41/iso-11943-2021>



**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](mailto:copyright@iso.org)

Web: [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction.....	v
1 <b>Domaine d'application</b> .....	1
2 <b>Références normatives</b> .....	1
3 <b>Termes et définitions</b> .....	1
4 <b>Unités de mesure</b> .....	2
5 <b>Appareillage d'essai</b> .....	2
6 <b>Précision des instruments de mesure et conditions d'essai</b> .....	3
7 <b>Procédure d'étalonnage des compteurs automatiques de particules hors ligne</b> .....	3
8 <b>Validation de l'équipement hydraulique en ligne</b> .....	3
9 <b>Étalonnage secondaire en ligne d'un compteur automatique de particules</b> .....	7
10 <b>Appariage de deux ou plusieurs compteurs de particules</b> .....	8
11 <b>Validation d'un système de dilution et de comptage de particules en ligne</b> .....	11
12 <b>Précautions</b> .....	14
13 <b>Phrase d'identification</b> .....	15
<b>Annexe A (informative) Recommandations relatives à la conception d'un système type d'étalonnage et de validation en ligne</b> .....	16
<b>Annexe B (informative) Recommandations relatives à la conception d'un circuit hydraulique pour l'adaptation d'un compteur en ligne sur un banc d'essai en circuit fermé</b> .....	19
<b>Annexe C (informative) Résumé de l'essai interlaboratoires ISO concernant l'étalonnage et la validation en ligne</b> .....	23
<b>Bibliographie</b> .....	31

## 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](http://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](http://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](http://www.iso.org/avant-propos).

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 131, *Transmissions hydrauliques et pneumatiques*, sous-comité SC 6, *Contrôle de la contamination*.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition (ISO 11943:2018), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- ajout de 7 µm et 14 µm dans le [Tableau C.2](#).

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](http://www.iso.org/fr/members.html).

## Introduction

Dans les systèmes de transmissions hydrauliques, l'énergie est transmise et commandée par un fluide sous pression circulant en circuit fermé. Le fluide est à la fois un lubrifiant et un élément de transmission de l'énergie.

La fiabilité de fonctionnement du circuit exige le contrôle du fluide. L'analyse qualitative et quantitative des particules polluantes contenues dans le fluide nécessite une grande précision lors du prélèvement de l'échantillon et lors de la détermination de la distribution granulométrique des polluants.

Les compteurs automatiques de particules (CAP) en suspension dans les fluides constituent des dispositifs reconnus pour déterminer le nombre et la granulométrie de la pollution. La précision de chaque instrument est déterminée lors de son étalonnage effectué avec des suspensions d'étalonnage primaire de référence ou avec des suspensions d'étalonnage secondaire.

Les compteurs automatiques de particules sont utilisés en ligne pour éliminer la nécessité de disposer de flacons de prélèvement, pour augmenter la précision et pour fournir un accès plus rapide aux informations relatives au comptage des particules. Le comptage en ligne de particules est notamment utilisé pour l'évaluation de l'efficacité de filtration des filtres pour transmissions hydrauliques par la méthode de filtration en circuit fermé telle que définie dans l'ISO 16889. Selon le type de filtre soumis à essai et les capacités du compteur automatique de particules utilisé, il peut être nécessaire de diluer les échantillons avant leur écoulement à travers le capteur.

Le présent document spécifie des procédures de validation de l'équipement pour la préparation des suspensions d'étalonnage secondaire et pour le comptage en ligne des particules avec ou sans circuits de dilution et l'étalonnage en ligne des compteurs automatiques de particules. Il définit une procédure d'appariement d'au moins deux compteurs de particules dans le but d'améliorer la précision de l'efficacité de filtration des particules comme indiqué, par exemple, dans l'ISO 16889.

[ISO 11943:2021](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/89e3a6b7-b3b5-4eb5-9f5c-2406d1acfe41/iso-11943-2021)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/89e3a6b7-b3b5-4eb5-9f5c-2406d1acfe41/iso-11943-2021>

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

ISO 11943:2021

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/89e3a6b7-b3b5-4eb5-9f5c-2406d1acfe41/iso-11943-2021>

# Transmissions hydrauliques — Systèmes de comptage automatique en ligne de particules en suspension dans les liquides — Méthodes d'étalonnage et de validation

## 1 Domaine d'application

Le présent document établit des méthodes pour:

- valider l'équipement utilisé pour préparer des suspensions d'étalonnage secondaire pour les compteurs automatiques de particules;
- réaliser l'étalonnage secondaire en ligne des compteurs automatiques de particules;
- appairer deux ou plusieurs compteurs de particules en ligne, c'est-à-dire obtenir le même nombre de particules d'une taille donnée avec deux compteurs automatiques de particules associés en ligne;
- valider les systèmes de comptage automatique en ligne de particules, avec et sans dilution en ligne, tels que les systèmes utilisés pour mesurer l'efficacité de filtration d'un filtre hydraulique tel que décrit dans l'essai de filtre en circuit fermé de l'ISO 16889.

## 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 4021, *Transmissions hydrauliques — Analyse de la pollution par particules — Prélèvement des échantillons de fluide dans les circuits en fonctionnement*

ISO 5598, *Transmissions hydrauliques et pneumatiques — Vocabulaire*

ISO 11171, *Transmissions hydrauliques — Étalonnage des compteurs automatiques de particules en suspension dans les liquides*

ISO 12103-1, *Véhicules routiers — Poussière pour l'essai des filtres — Partie 1: Poussière d'essai d'Arizona*

ISO 16889, *Transmissions hydrauliques — Filtres — Évaluation des performances par la méthode de filtration en circuit fermé*

ISO 80000-1:2009, *Grandeurs et unités — Partie 1: Généralités*

## 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 5598 et l'ISO 11171 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 <http://www.electropedia.org/>

## 4 Unités de mesure

Le système international d'unités (SI) est utilisé conformément à l'ISO 80000-1.

Dans le présent document, l'utilisation de  $\mu\text{m(c)}$  signifie que les mesures de la taille des particules sont effectuées en utilisant un compteur automatique de particules qui a été étalonné conformément à l'ISO 11171 ou au présent document et que la taille des particules est rapportée comme défini dans l'ISO 11171.

Les éditions précédentes de l'ISO 11171 autorisaient l'étalonnage en  $\mu\text{m}$  ou en  $\mu\text{m(b)}$ . La conformité à l'ISO 11171:2020 et ses versions ultérieures exige d'utiliser uniquement des  $\mu\text{m(c)}$ .

## 5 Appareillage d'essai

**5.1 Compteurs automatiques de particules en suspension dans les fluides**, nécessitant un étalonnage ou une vérification, ou un compteur de particules avec deux capteurs indépendants.

**5.2 Compteur de particules de référence**, devant être étalonné avec un matériau de référence conformément à l'ISO 11171.

**5.3 Solution concentrée de poudre d'essai moyenne ISO (ISO MTD)**, devant être conforme à l'ISO 12103-1, catégorie A.3, séchée à une température comprise entre 110 °C et 150 °C pendant au moins 1 h, et destinée à être utilisée dans le circuit d'essai, mélangée au fluide d'essai, agitée mécaniquement, puis dispersée par des ultrasons d'une densité de puissance de 3 000 W/m<sup>2</sup> à 10 000 W/m<sup>2</sup>.

NOTE Cette poudre d'essai normalisée est utilisée pour les essais de filtres dans l'ISO 16889.

**5.4 Fluide d'essai**, devant être tel que spécifié dans l'ISO 16889.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/89e3a6b7-b3b5-4eb5-9f5c-2496d1acf41/iso-11943-2021>

**5.5 Équipement hydraulique**, comprenant:

- a) un réservoir, une pompe, un système de contrôle de la température du fluide et des instruments, capables de satisfaire aux exigences de validation de l'[Article 8](#);
- b) un filtre de dépollution capable d'assurer un niveau initial de contamination du fluide inférieur à 50 particules par millilitre de la taille la plus petite qui sera validée ou inférieur à 2 % du nombre de particules attendu;
- c) une configuration qui ne modifie pas la distribution de la pollution pendant toute la durée prévue de l'essai (voir l'ISO 16889);
- d) des sections de prélèvement de fluide devant être conformes à l'ISO 4021;
- e) une configuration qui fournit aux compteurs de particules un fluide contaminé, à une température et un débit constants dans les limites du [Tableau 1](#).

NOTE 1 Un banc d'essai en circuit fermé (voir l'ISO 16889) peut être utilisé, sous réserve qu'il ait été validé conformément à l'[Article 8](#).

NOTE 2 Voir l'[Annexe A](#) pour une autre configuration type qui s'est avérée satisfaisante.

**5.6 Circuit hydraulique** comprenant, si nécessaire, un équipement de dilution, pour l'adaptation d'un compteur en ligne à un banc d'essai de filtration en circuit fermé.

Se reporter à l'[Annexe B](#) pour connaître les configurations types de circuits hydrauliques s'étant révélées satisfaisantes.



## 6 Précision des instruments de mesure et conditions d'essai

6.1 Utiliser des instruments de mesure dont la précision est comprise dans les limites spécifiées dans le [Tableau 1](#).

**Tableau 1 — Précision des instruments de mesure et conditions d'essai**

Conditions d'essai	Unité SI	Précision de l'instrument (en $\pm$ de la valeur lue)	Variation autorisée des conditions d'essai
Débit	l/min	0,5 %	2 %
Viscosité cinématique	mm <sup>2</sup> /s	1 %	2 mm <sup>2</sup> /s
Pression	kPa	1 %	2 %
Température	°C	0,5 °C	1 °C
Temps	s	0,05 s	0,1 s
Volume	l	1 %	
Masse	g	0,1 mg	2 %

**AVERTISSEMENT** — Le fait de maintenir la précision des conditions d'essai dans les limites spécifiées dans le [Tableau 1](#) n'implique pas que les conditions de validation sont satisfaites. Il a été prouvé que la meilleure façon de satisfaire aux exigences de validation est de maintenir la précision des conditions d'essai du [Tableau 1](#) tout en appliquant des procédures appropriées de comptage des particules et en utilisant un équipement correctement conçu.

(standards.iteh.ai)

## 7 Procédure d'étalonnage des compteurs automatiques de particules hors ligne

ISO 11943:2021

7.1 Effectuer un étalonnage dimensionnel d'un compteur de particules lorsque celui-ci est neuf ou après une réparation importante, comme préconisé par le constructeur du compteur de particules, conformément à l'ISO 11171.

NOTE L'étalonnage est un étalonnage primaire si la suspension d'étalonnage est SRM 2806x du National Institute of Standards and Technology (NIST), où «x» est la lettre d'identification du lot de matériau de référence normalisé SRM 2806 des suspensions d'étalonnage primaire. Le compteur automatique de particules est alors désigné par «CAP de référence».

7.2 Utiliser les modes opératoires décrits dans l'ISO 11171 pour déterminer les limites d'erreur de coïncidence du compteur et du capteur de particules, ou utiliser les niveaux spécifiés par le constructeur, sous réserve qu'ils aient été obtenus conformément à l'ISO 11171.

## 8 Validation de l'équipement hydraulique en ligne

8.1 Cette procédure de validation démontre que:

- la distribution granulométrique de la suspension circulant dans l'équipement est stable dans le temps et reste dans les limites spécifiées;
- les prises d'échantillon ou de remplissage des flacons donnent des échantillons représentatifs. La procédure complète suivante est illustrée à la [Figure 1](#).

8.2 Connecter un compteur de particules avec un étalonnage valide tel que défini à l'[Article 7](#) et réglé en mode cumulé à au moins six seuils différents, dans l'intervalle granulométrique concerné. Conformément à l'ISO 11943, les tailles en dehors de cet intervalle ne peuvent pas être rapportées.

NOTE Comme l'unique but de cette procédure est de vérifier la stabilité des comptages de particules dans le temps, l'utilisation d'un CAP de référence ayant fait l'objet d'un étalonnage primaire n'est pas nécessaire.

**8.3** Ajuster le volume total de fluide, en litres, dans l'équipement de préparation de la suspension au volume maximal prévu et le mesurer avec une précision de ± 1 %. Maintenir la viscosité du fluide à (15 ± 2,0) mm<sup>2</sup>/s.

**8.4** Faire circuler le fluide à un débit donné à travers le filtre de dépollution jusqu'à ce que le niveau de contamination du fluide soit inférieur à 5 particules > 5 µm(c)/mL.

**8.5** Déterminer la masse d'ISO MTD à introduire dans le système pour atteindre une concentration de (3 ± 0,3) mg/L. Noter le numéro du lot d'ISO MTD.

NOTE Toute autre concentration peut être utilisée, sous réserve que le comptage de particules de la taille la plus petite ne dépasse pas 75 % de la concentration limite de saturation en particules de l'instrument, déterminée en 7.2.

**8.6** Préparer la solution concentrée de poudre d'essai conformément à 5.3. Bypasser le filtre de dépollution et ajouter la quantité requise d'ISO MTD dans le réservoir, puis laisser circuler pendant 15 min environ.

**8.7** Commencer l'essai en effectuant des comptages automatiques en ligne des particules sur des échantillons ayant un volume minimal de 10 mL, à intervalles d'au moins 2 min pendant 1 h, ou au moins 30 fois à intervalles réguliers sur la période maximale d'utilisation du circuit.

**8.8** Compléter le [Tableau 2](#) en reportant les valeurs requises. Pour chaque réglage de taille de particules, calculer la moyenne  $\bar{x}$  et également l'écart-type  $\sigma$  de tous les comptages à l'aide de la [Formule \(1\)](#):

$$\sigma = \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n (x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n(n-1)}} \tag{1}$$

où

- $\sigma$  est l'écart-type de tous les comptages;
- $x_i$  représente les particules par mL pour chaque valeur de réglage du seuil pour l'échantillon  $i$ ;
- $n$  est le nombre total de comptages de particules consignés.

**8.9** Calculer l'écart-type acceptable pour chaque taille de particules à l'aide de la [Formule \(2\)](#):

$$\sigma_a = \sqrt{\bar{x} + 0,0004 \cdot \bar{x}^2} \tag{2}$$

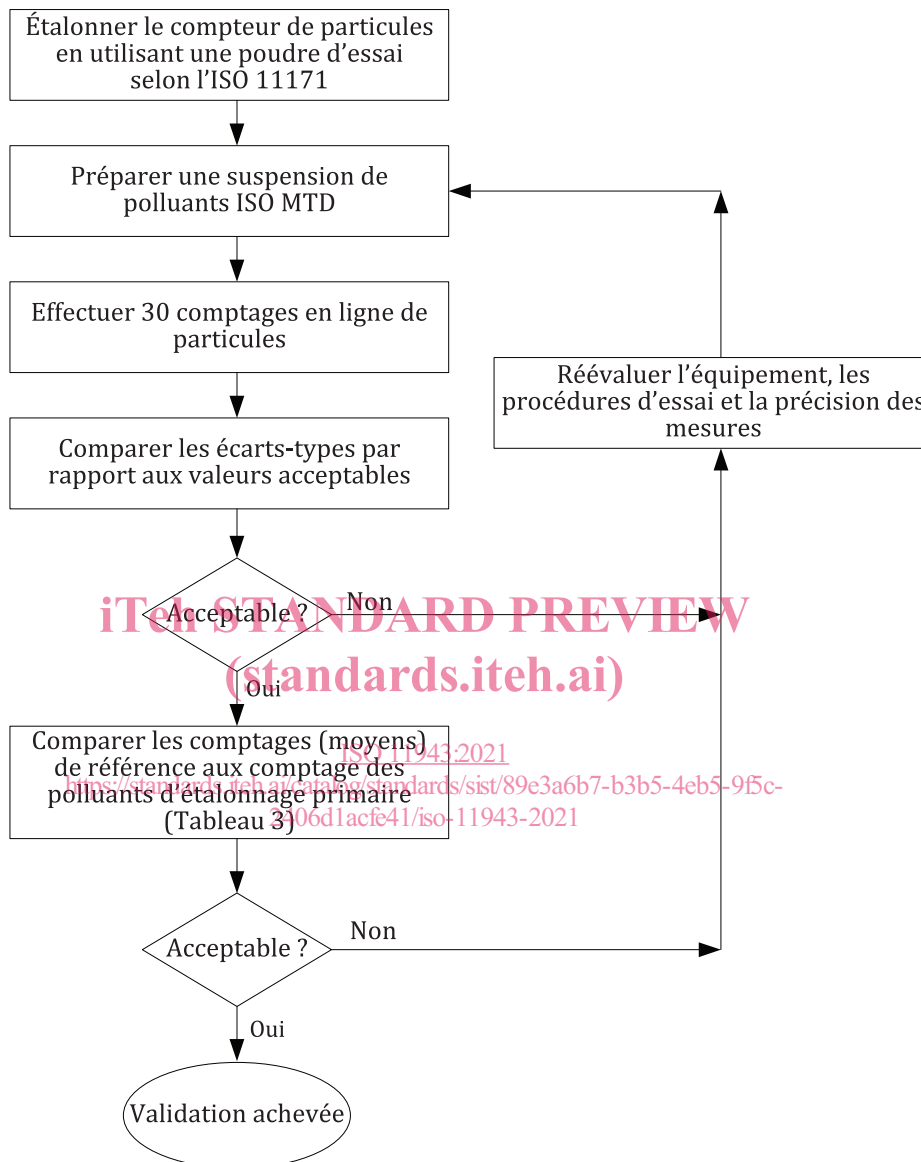
où

- $\sigma_a$  est l'écart-type acceptable pour chaque taille de particules;
- $\bar{x}$  est la moyenne de la taille des particules mesurées.

NOTE Cet écart-type acceptable est fondé sur deux fois l'écart-type moyen obtenu pendant l'essai interlaboratoires décrit dans l'[Annexe C](#).

**8.10** Accepter la validation si l'écart-type pour chaque taille de particules est inférieur ou égal à l'écart-type acceptable pour cette taille.

**8.11** Si l'écart-type pour une taille donnée de particule est supérieur à l'écart-type acceptable, effectuer une nouvelle évaluation de l'équipement et des modes opératoires, des débits à travers le capteur et le système de dilution du CAP et des volumes de comptage en ligne du compteur de particules. Prendre les mesures nécessaires et répéter les opérations décrites de 8.3 à 8.9. Si ces mesures ne ramènent pas l'écart-type à un niveau acceptable, le capteur du CAP peut alors nécessiter un entretien.



**Figure 1** — Organigramme de la procédure de validation de l'équipement hydraulique en ligne

**Tableau 2 — Feuille de résultats relative à la poudre d'étalonnage secondaire**

Laboratoire: \_\_\_\_\_

Opérateur: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_ Numéro de lot ISO MTD: \_\_\_\_\_

Concentration mg/L: \_\_\_\_\_ Volume de comptage des particules: \_\_\_\_\_ mL

Numéro de modèle du compteur de particules: \_\_\_\_\_

Numéro de série du compteur de particules: \_\_\_\_\_

Modèle de capteur: \_\_\_\_\_ Numéro de série du capteur: \_\_\_\_\_

Date d'étalonnage primaire ISO 11171: \_\_\_\_\_

Taille, $\mu\text{m}$	Nombre de particules par mL > à la taille spécifiée						
Comptage 1							
Comptage 2							
Comptage 3							
Comptage 4							
Comptage 5							
Comptage 6							
Comptage 7							
Comptage 8							
Comptage 9							
Comptage 10							
Comptage 11							
Comptage 12							
Comptage 13							
Comptage 14							
Comptage 15							
Comptage 16							
Comptage 17							
Comptage 18							
Comptage 19							
Comptage 20							
Comptage 21							
Comptage 22							
Comptage 23							
Comptage 24							

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 11943:2021  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/89e3a6b7-43b5-4eb5-9f5e-2406d1acfe41/iso-11943-2021>