

---

---

**Nanotechnologies — Détermination  
de la distribution de taille et de  
forme des particules par microscopie  
électronique à transmission**

*Nanotechnologies — Measurements of particle size and shape  
distributions by transmission electron microscopy*

iTeh Standards

(<https://standards.iteh.ai>)

Document Preview

[ISO 21363:2020](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/9e51d9e8-b8ec-450b-8f98-0c7c68a7f03f/iso-21363-2020)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/9e51d9e8-b8ec-450b-8f98-0c7c68a7f03f/iso-21363-2020>



iTeh Standards  
(<https://standards.iteh.ai>)  
Document Preview

[ISO 21363:2020](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/9e51d9e8-b8ec-450b-8f98-0c7c68a7f03f/iso-21363-2020)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/9e51d9e8-b8ec-450b-8f98-0c7c68a7f03f/iso-21363-2020>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2020

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.....	v
Introduction.....	vi
<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, définitions et symboles</b> .....	<b>1</b>
3.1    Termes «cœur» — Particules.....	1
3.2    Termes «cœur» — Acquisition et analyse d'image.....	5
3.3    Termes «cœur» — Définitions et symboles statistiques.....	6
3.4    Termes «cœur» — Mesurandes.....	7
3.5    Termes «cœur» — Métrologie.....	11
3.6    Termes «cœur» — Microscopie électronique à transmission.....	13
3.7    Symboles statistiques, mesurandes et descripteurs.....	14
3.7.1    Symboles statistiques.....	14
3.7.2    Mesurandes et descripteurs.....	15
<b>4</b> <b>Besoins des parties prenantes en termes de modes opératoires de mesure par MET</b> .....	<b>16</b>
<b>5</b> <b>Préparation des échantillons</b> .....	<b>17</b>
5.1    Généralités.....	17
5.2    Sources d'échantillons.....	17
5.3    Emploi d'un échantillon représentatif.....	18
5.3.1    Généralités.....	18
5.3.2    Échantillons en poudre.....	18
5.3.3    Dispersions de nanoparticules dans des liquides.....	18
5.4    Minimisation de l'agglomération des particules dans la dispersion d'échantillon.....	19
5.5    Choix du support d'échantillon.....	19
<b>6</b> <b>Facteurs instrumentaux</b> .....	<b>20</b>
6.1    Réglage de l'instrument.....	20
6.2    Étalonnage.....	20
6.2.1    Généralités.....	20
6.2.2    Étalons.....	20
6.2.3    Mode opératoire d'étalonnage général.....	20
6.3    Réglage des conditions de fonctionnement du MET pour l'étalonnage.....	22
<b>7</b> <b>Acquisition d'images</b> .....	<b>23</b>
7.1    Généralités.....	23
7.2    Réglage d'un grandissement de fonctionnement adapté.....	24
7.3    Surface de particule minimale.....	24
7.4    Nombre de particules à compter pour les distributions de taille et de forme des particules.....	24
7.5    Fond uniforme.....	25
7.6    Mode opératoire de mesure.....	26
7.6.1    Généralités.....	26
7.6.2    Élaboration d'un échantillon d'essai.....	26
7.6.3    Effets du grandissement.....	26
7.6.4    Images (micrographies).....	26
7.7    Révision des protocoles d'acquisition d'images.....	26
<b>8</b> <b>Analyse des particules</b> .....	<b>27</b>
8.1    Généralités.....	27
8.2    Analyse de particules individuelle.....	27
8.3    Analyse de particules automatisée.....	27
8.4    Exemple de mode opératoire d'analyse de particules automatisée.....	27
<b>9</b> <b>Traitement des données</b> .....	<b>28</b>
9.1    Généralités.....	28

9.2	Tri des données brutes — Détections des particules en contact, des particules non sélectionnées, des artefacts et des contaminants.....	29
9.3	Évaluation de la qualité des données — Répétabilité, fidélité intermédiaire et reproductibilité.....	30
9.4	Ajustement des distributions aux données.....	32
9.5	Évaluation de l'incertitude de mesure pour les échantillons dans des conditions de répétabilité, de fidélité intermédiaire ou de reproductibilité.....	33
9.5.1	Statistiques générales des paramètres ajustés — Trois ensembles de données ou plus.....	33
9.5.2	Incertaince de mesure des paramètres ajustés.....	34
9.5.3	Exemple — Incertaince de mesure pour un descripteur de taille.....	34
9.6	Analyse à deux variables.....	34
<b>10</b>	<b>Rapport.....</b>	<b>35</b>
<b>Annexe A</b>	<b>(informative) Présentation d'études de cas.....</b>	<b>38</b>
<b>Annexe B</b>	<b>(informative) Nanoparticules sphéroïdales discrètes.....</b>	<b>40</b>
<b>Annexe C</b>	<b>(informative) Mélange de tailles.....</b>	<b>43</b>
<b>Annexe D</b>	<b>(informative) Mélange de formes.....</b>	<b>56</b>
<b>Annexe E</b>	<b>(informative) Agrégats amorphes.....</b>	<b>61</b>
<b>Annexe F</b>	<b>(informative) Agrégats nanocristallins.....</b>	<b>65</b>
<b>Annexe G</b>	<b>(informative) Nanofibres à sections transverses irrégulières.....</b>	<b>69</b>
<b>Annexe H</b>	<b>(informative) Nanoparticules à caractéristiques cristallines spécifiques.....</b>	<b>76</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>.....</b>	<b>83</b>

<https://standards.iteh.ai>  
 Document Preview

ISO 21363:2020

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/9e51d9e8-b8ec-450b-8f98-0c7c68a7f03f/iso-21363-2020>

## 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 229, *Nanotechnologies*.

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

Les modes opératoires de caractérisation des nanoparticules couvrent souvent, mais sans s'y limiter, la taille, la forme, la structure de surface (ou la texture) et la chimie de surface. Ces mesurages, associés à des informations sur les phases, telles que la phase cristalline, constituent la morphologie du matériau. Le présent document porte sur deux attributs de morphologie, les distributions de taille et de forme, des nano-objets discrets, agglomérés et agrégés (matériaux comportant au moins une dimension à l'échelle nanométrique,  $1 \text{ nm} < \text{une dimension} < 100 \text{ nm}$ ). La microscopie électronique à transmission, un outil classique de mesure à l'échelle nanométrique, fournit des images bidimensionnelles de projections de particules. Ce flux d'opérations générique permettant de mesurer et d'évaluer des distributions de taille et de forme à l'échelle nanométrique comprend la préparation des échantillons, les facteurs instrumentaux, l'acquisition d'images, l'analyse des particules, le traitement des données et la communication des résultats au travers d'un rapport. Sept études de cas ont été incluses pour illustrer la façon dont le protocole générique peut être appliqué à différentes morphologies particulières et à différents types d'échantillons. Trois échantillons de particules discrètes sont présentés: un type sphéroïdal (nanosphères d'or), un mélange de particules avec une granulométrie bimodale (silices colloïdales) et un mélange de formes de particules (nanotiges d'or et nanocubes d'or). Deux échantillons agrégés sont mentionnés: des agrégats amorphes en grappes (noir de carbone) et des agrégats de cristallites primaires (dioxyde de titane). Des méthodes de mesure sont également présentées pour les échantillons à faible rapport d'aspect et les nanoparticules à caractéristiques cristallines spécifiques. Plusieurs des études de cas s'appuient sur des collaborations interlaboratoires menées conformément aux lignes directrices du VAMAS (Versailles Project on Advanced Materials and Standards) concernant les comparaisons interlaboratoires (CIL)<sup>[42]</sup>.

Trois types de descripteurs de taille et de forme sont pris en compte. Les descripteurs de taille incluent ceux déterminés par des mesurages linéaires ou surfaciques. Les descripteurs de forme comprennent des descripteurs d'allongement, tels que les rapports entre deux descripteurs de longueur, et des descripteurs de rugosité, représentant les irrégularités de surface.

Le protocole met l'accent sur l'analyse qualitative et quantitative de la qualité des données par l'utilisateur. Les comparaisons qualitatives d'ensembles de données incluent la détermination de la similitude ou des différences entre des moyennes de descripteur unique ou des moyennes à plusieurs variables. Les comparaisons quantitatives d'ensembles de données s'appuient sur la différence ou les similitudes entre les paramètres des modèles de référence ajustés aux distributions des descripteurs. Au moins deux paramètres (moyenne et dispersion) ainsi que leurs incertitudes sont nécessaires pour définir une distribution de descripteur. Dans certains cas, ces deux paramètres quantitatifs et leurs incertitudes peuvent ne pas suffire à caractériser les distributions de taille et de forme. Les techniques de visualisation des données, telles que les diagrammes quantiles et d'écart résiduel, et les corrélations de données, telles que les paires de descripteurs de taille et de forme ou l'analyse fractale, peuvent fournir d'autres méthodes pour évaluer et différencier des échantillons d'essai. L'association de mesures de qualité quantitatives et d'outils de visualisation et de corrélation permet aux utilisateurs d'adapter le protocole à leurs objectifs de qualité qualitatifs et quantitatifs.

# Nanotechnologies — Détermination de la distribution de taille et de forme des particules par microscopie électronique à transmission

## 1 Domaine d'application

Le présent document spécifie une méthode permettant d'acquérir, de mesurer et d'analyser des images de microscopie électronique à transmission afin d'obtenir des distributions de taille et de forme à l'échelle nanométrique.

Le présent document s'applique de façon générale aux nano-objets ainsi qu'aux particules de dimensions supérieures à 100 nm. La plage de fonctionnement exacte de la méthode dépend de l'incertitude exigée et des performances du microscope électronique à transmission. Ces éléments peuvent être évalués conformément aux exigences décrites dans le présent document.

## 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 9276-3, *Représentation de données obtenues par analyse granulométrique — Partie 3: Ajustement d'une courbe expérimentale à un modèle de référence*

ISO 9276-6:2008, *Représentation de données obtenues par analyse granulométrique — Partie 6: Description et représentation quantitative de la forme et de la morphologie des particules*

ISO 29301, *Analyse par microfaisceaux — Microscopie électronique analytique — Méthodes d'étalonnage du grandissement d'image au moyen de matériaux de référence de structures périodiques*

## 3 Termes, définitions et symboles

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 <http://www.electropedia.org/>

### 3.1 Termes «cœur» — Particules

#### 3.1.1

##### **nano-objet**

portion discrète de matériau dont une, deux ou les trois dimensions externes sont à l'échelle nanométrique (3.1.2)

[SOURCE: ISO/TS 80004-2:2015, 2.2]

### 3.1.2

#### **échelle nanométrique**

échelle de longueur s'étendant approximativement de 1 nm à 100 nm

[SOURCE: ISO/TS 80004-1:2015, 2.1, modifiée — La Note 1 à l'article a été supprimée.]

### 3.1.3

#### **particule**

élément de matière isolé possédant des limites physiques définies

[SOURCE: ISO 26824:2013, 1.1, modifiée — Les Notes 1, 2 et 3 à l'article ont été supprimées.]

### 3.1.4

#### **particule constituante**

composante identifiable faisant partie intégrante d'une *particule* (3.1.3) plus grande

[SOURCE: ISO/TS 80004-2:2015, 3.3, modifiée — La Note 1 à l'article a été supprimée.]

### 3.1.5

#### **agglomérat**

ensemble de *particules* (3.1.3) faiblement ou moyennement liées, dont l'aire de la surface externe résultante est similaire à la somme des aires de surface de chacun des composants

Note 1 à l'article: Les forces assurant la cohésion d'un agglomérat sont faibles, par exemple des forces de Van der Waals ou des forces résultant d'un simple enchevêtrement physique.

Note 2 à l'article: Les agglomérats sont également appelés particules secondaires et les particules sources initiales sont appelées particules primaires.

[SOURCE: ISO/TS 80004-2:2015, 3.4]

### 3.1.6

#### **agrégat**

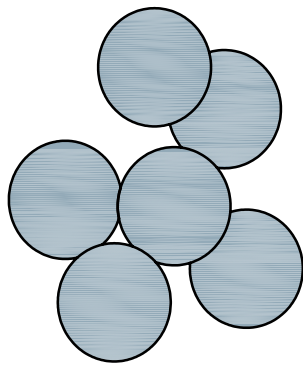
*particule* (3.1.3) composée de particules fortement liées ou fusionnées, dont l'aire de la surface externe résultante peut être significativement plus petite que la somme des aires de surface calculées de chacun des composants

Note 1 à l'article: Les forces assurant la cohésion d'un agrégat sont puissantes, par exemple des liaisons covalentes, ou des forces résultant d'un frittage ou d'un enchevêtrement physique complexe.

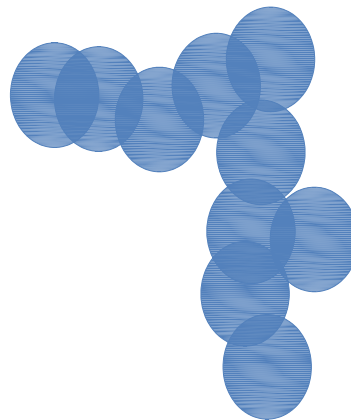
Note 2 à l'article: Les agrégats sont également appelés particules secondaires et les particules sources initiales sont appelées particules primaires.

Note 3 à l'article: Les entrées 3.1.6 à 3.1.10 définissent des éléments des agglomérats et des agrégats, dont certains sont illustrés à la Figure 1. Les particules constituantes d'un agrégat sont étroitement fusionnées en une entité discrète (l'agrégat), tandis que les particules constituantes d'un agglomérat sont faiblement liées et se dispersent généralement facilement sous l'effet d'un cisaillement ou d'une contrainte mécanique.

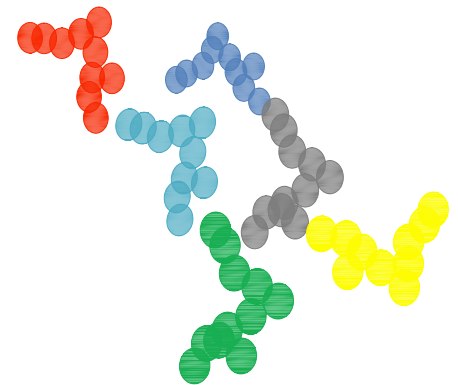




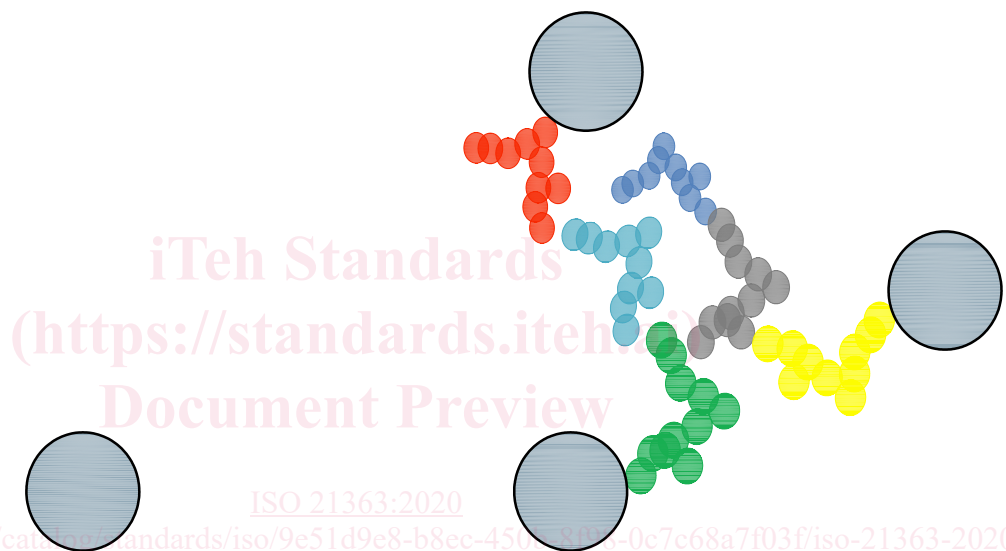
a) Particules primaires dans un agglomérat



b) Particules primaires dans un agrégat



c) Agglomérat d'agrégats



d) Nano-objet (si inférieur à 100 nm) ou particule

e) Agglomérat de particules primaires et d'agrégats

**Figure 1 — Représentation schématique des éléments des agglomérats et des agrégats**

[SOURCE: ISO/TS 80004-2:2015, 3.5, modifiée — Dans la définition, «peut être significativement plus petite» a remplacé «est significativement plus petite» et «calculées» a été ajouté après «aires de surface». Dans la Note 1 à l'article, «ou ioniques» dans l'exemple et la fin de phrase «ou sinon d'anciennes particules primaires combinées» ont été supprimés. La Note 3 à l'article et la [Figure 1](#) ont été ajoutées.]

### 3.1.7

#### **nanoparticule**

*nano-objet* ([3.1.1](#)) dont les trois dimensions externes sont à l'échelle *nanométrique* ([3.1.2](#)) et dont les longueurs du plus grand et du plus petit axes ne diffèrent pas de façon significative

[SOURCE: ISO/TS 80004-2:2015, 4.4, modifiée — «trois» a été ajouté et la Note 1 à l'article a été supprimée.]

### 3.1.8

#### **nanobâtonnet nanotige**

*nanofibre* (3.1.9) solide

[SOURCE: ISO/TS 80004-2:2015, 4.7]

### 3.1.9

#### **nanofibre**

*nano-objet* (3.1.1) ayant deux dimensions externes similaires à l'échelle nanométrique (3.1.2) et la troisième dimension externe significativement plus grande

[SOURCE: ISO/TS 80004-2:2015, 4.5, modifiée — «similaires» a été ajouté et les Notes 1, 2 et 3 à l'article a été supprimées.]

### 3.1.10

#### **nanophase**

région physiquement ou chimiquement distincte, ou terme collectif désignant un ensemble de régions de même nature et physiquement distinctes dans un matériau, cette ou ces régions discrètes ayant une, deux ou trois dimensions à l'échelle nanométrique (3.1.2)

Note 1 à l'article: Les *nano-objets* (3.1.1) incorporés dans une autre phase constituent une nanophase.

### 3.1.11

#### **nanodispersion**

matériau dans lequel des *nano-objets* (3.1.1) ou une *nanophase* (3.1.10) sont dispersés dans une phase continue de composition différente

[SOURCE: ISO/TS 80004-4:2011, 2.14]

### 3.1.12

#### **taille d'une particule**

$x$

dimension d'une *particule* (3.1.3) déterminée par une méthode de mesure spécifiée dans des conditions de mesure spécifiées

Note 1 à l'article: Différentes méthodes d'analyse sont fondées sur le mesurage de différentes propriétés physiques. Indépendamment de la propriété de particule réellement mesurée, la taille de la particule peut être consignée comme une dimension linéaire, une surface ou un volume.

Note 2 à l'article: Le symbole  $x$  est utilisé pour indiquer la taille linéaire d'une particule. Cependant, il est reconnu que le symbole  $d$  est également couramment utilisé. Le symbole  $x$  peut donc être remplacé par  $d$ .

[SOURCE: ISO 9276-1:1998, 4.2, modifiée — Un terme et sa définition ont été créés à partir de ce paragraphe.]

### 3.1.13

#### **distribution de taille de particules**

distribution de *particules* (3.1.3) en fonction de leur *taille* (3.1.12)

[SOURCE: ISO/TS 80004-6:2013, 3.1.2, modifiée — La Note 1 à l'article a été supprimée.]

### 3.1.14

#### **forme d'une particule**

forme géométrique externe d'une *particule* (3.1.3)

Note 1 à l'article: La description de la forme exige deux descripteurs scalaires, la longueur et la largeur.

[SOURCE: ISO/TS 80004-6:2013, 3.1.3, modifiée — La Note 1 à l'article a été ajoutée.]

**3.1.15****distribution de forme de particules**

distribution d'un descripteur de *forme de particule* (3.1.14) spécifique pour une population d'échantillons

**3.2 Termes «cœur» — Acquisition et analyse d'image****3.2.1****champ de vision**

champ qui est perçu par un dispositif d'observation

[SOURCE: ISO 13322-1:2014, 3.1.6, modifiée — La Note 1 à l'article a été supprimée.]

**3.2.2****cadre de mesure**

surface sélectionnée d'un *champ de vision* (3.2.1) dans laquelle des *particules* (3.1.3) sont dimensionnées et comptabilisées pour l'analyse d'images

[SOURCE: ISO 13322-1:2014, 3.1.10]

**3.2.3****image binaire**

image numérisée constituée d'une matrice de *pixels* (3.2.4), possédant chacun une valeur 0 ou 1, dont les valeurs sont normalement représentées par des régions sombres et claires sur l'écran d'affichage ou par l'utilisation de deux couleurs distinctes

[SOURCE: ISO 13322-1:2014, 3.1.2]

**3.2.4****pixel**

plus petit élément d'une image pouvant être traité de façon unique, qui est défini par ses coordonnées spatiales et codé avec des valeurs de couleurs

[SOURCE: ISO 12640-2:2004, 3.6, modifiée — La Note 1 à l'article a été supprimée.]

**3.2.5****résolution de pixels**

nombre de *pixels* (3.2.4) par unité de distance d'un détecteur

[SOURCE: ISO 29301:2017, 3.24, modifiée — La Note 1 à l'article a été supprimée.]

**3.2.6****comptage de pixels**

nombre total de *pixels* (3.2.4) par fichier, longueur ou surface en fonction de l'unité utilisée

[SOURCE: ISO 19262:2015, 3.191]

**3.2.7****micrographie**

enregistrement d'une image générée par un microscope

[SOURCE: ISO 10934-1:2002, 2.94]

**3.2.8****artefact****artéfact**

distorsion indésirable ou élément ajouté dans les données mesurées et résultant d'un écart à l'idéalité de l'équipement

[SOURCE: ISO 18115-2:2013, 5.6]

### 3.3 Termes «cœur» — Définitions et symboles statistiques

#### 3.3.1

##### coefficient de variation

$C_v$   
rapport de l'écart-type sur la moyenne arithmétique

Note 1 à l'article: Il est généralement exprimé en pourcentage.

Note 2 à l'article: Le coefficient de variation de la moyenne d'un échantillon peut par exemple être représenté par:

$$c_v = \frac{s \cdot 100}{\bar{x}}$$

où  $\bar{x}$  est la moyenne du descripteur et  $s$  est l'écart-type du descripteur pour plusieurs ensembles de données. Ces «statistiques générales» servent à évaluer les données descriptives lors des comparaisons interlaboratoires.

[SOURCE: ISO 27448:2009, 3.11, modifiée — Les Notes 1 et 2 à l'article ont été ajoutées.]

#### 3.3.2

##### erreur d'estimation type

$\sigma_{\text{est}}$   
mesure de la dispersion de la variable dépendante (résultat) par rapport à la droite des moindres carrés obtenue par ajustement de la courbe ou analyse de régression

Note 1 à l'article: L'erreur d'estimation type peut être déterminée par:

$$\sigma_{\text{est}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-k}}$$

où

$n$  est le nombre de points de données; [ISO 21363:2020](https://standards.iteh.ai/)

$k$  est le nombre de coefficients dans l'équation. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/9e51d9e8-b8ec-450b-8f98-0c7c68a7f03f/iso-21363-2020>

Note 2 à l'article: L'erreur type de la moyenne peut être déterminée par:

$$\sigma_{\text{est},\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Note 3 à l'article: L'erreur type est l'écart-type de la distribution d'échantillonnage d'une statistique. L'exemple concerne la moyenne d'un échantillon. L'erreur type de la moyenne est une estimation de la proximité entre la moyenne de l'échantillon et la moyenne de population. Cette valeur diminue lorsque la taille de l'échantillon augmente.

[SOURCE: ISO 772:2011, 7.31, modifiée — Le terme admis «écart-type résiduel» a été supprimé. Les Notes 1, 2 et 3 à l'article ont été remplacées par les Notes 1 et 2 à l'article initiales.]

#### 3.3.3

##### erreur-type relative

##### ETR

erreur type divisée par sa statistique

Note 1 à l'article: Elle est exprimée en pourcentage.

Note 2 à l'article: L'erreur type relative de la moyenne est par exemple:

$$\text{ETR}_{\bar{x}} = \frac{100 \cdot \sigma_{\text{est},\bar{x}}}{\bar{x}}$$

**3.3.4****biais de mesure**

estimation d'une erreur systématique

Note 1 à l'article: Un biais est présent lorsqu'une statistique est systématiquement différente du paramètre de la population qu'elle estime.

$\Delta m = |c_m - c_{\text{crm}}|$ : la différence absolue entre la valeur mesurée moyenne et la valeur certifiée. Le biais de la moyenne normale de cette étude serait la moyenne des différences absolues individuelles entre une moyenne mesurée et la moyenne du matériau de référence certifié.

$$\text{biais} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta_{m,i}}{n}$$

[SOURCE: Guide ISO/IEC 99:2007, 2.18, modifié — Les Notes 1 et 2 à l'article ont été ajoutées.]

**3.3.5****reste**

différence entre la valeur observée de la variable de réponse indépendante et sa valeur estimée

**3.3.6****écart-type résiduel**

chiffrement de la dispersion des valeurs d'information autour de la ligne de régression calculée

Note 1 à l'article: C'est un indice de performance qui décrit la *fidélité* (3.5.5) de l'étalonnage.

[SOURCE: ISO 8466-1:1990, 2.5]

**3.3.7****diagramme quantile**

méthode de comparaison graphique de deux distributions dans laquelle les quantiles de la distribution empirique (de données) sont reportés en ordonnée alors que les quantiles de la distribution théorique (de référence) ayant une moyenne et une variance identiques à celles de la distribution empirique sont reportés en abscisse

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/9e51d9e8-b8ec-450b-8f98-0c7c68a7f03f/iso-21363-2020>

**3.4 Termes «cœur» — Mesurandes****3.4.1****mesurande**

grandeur soumise à mesurage

[SOURCE: Guide ISO/IEC 99:2007, 2.3, modifié — Les notes ont été supprimées.]

**3.4.2****descripteur d'image**

descripteur extrait d'une image

[SOURCE: ISO/IEC 15938-13:2015, 2.1]

**3.4.3****diamètre de Féret**

distance entre deux tangentes parallèles prises sur deux côtés opposés de l'image d'une *particule* (3.1.3)

Note 1 à l'article: Le *diamètre de Féret maximal* (3.4.4) est utilisé dans le présent document.

[SOURCE: ISO 13322-1:2014, 3.1.5, modifiée — La Note 1 à l'article a été ajoutée.]

3.4.4

**diamètre de Féret maximal**

longueur maximale d'un objet quelle que soit la direction

[SOURCE: ISO/TR 945-2:2011, 2.1, modifié — La Note 1 à l'article a été supprimée.]

3.4.5

**diamètre de Féret minimal**

longueur minimale d'un objet quelle que soit la direction

3.4.6

**périmètre**

longueur totale du contour de l'objet

[SOURCE: ISO/TR 945-2:2011, 2.3]

3.4.7

**diamètre circulaire équivalent**

diamètre d'un cercle ayant la même surface que l'image projetée de la *particule* (3.1.3)

EXEMPLE Le diamètre circulaire équivalent est:

$$e_{cd} = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}}$$

où  $A$  est la surface de la particule.

[SOURCE: ISO 13322-1:2014, 3.1.1, modifiée — La Note 1 à l'article a été supprimée et l'exemple a été ajouté.]

3.4.8

**diamètre équivalent en périmètre**

$d_{epd}$   
diamètre d'un cercle ayant le même *périmètre* (3.4.6) que l'image projetée de la *particule* (3.1.3)

Note 1 à l'article: Il peut être calculé comme suit: <https://standards.iteh.ai/iso/9e51d9e8-b8ec-450b-8f98-0c7c68a7f03f/iso-21363-2020>

$$d_{epd} = \frac{P}{\pi}$$

où  $P$  est la longueur du périmètre.

3.4.9

**enveloppe convexe**

le plus petit ensemble convexe contenant un objet géométrique donné

[SOURCE: ISO 19123:2005, 4.1.2]

3.4.10

**rapport d'aspect**

rapport du *diamètre de Féret minimal* (3.4.5) au *diamètre de Féret maximal* (3.4.4)

Note 1 à l'article: Il peut par exemple être calculé comme suit:

$$\text{rapport d'aspect} = \frac{X_{Fmin}}{X_{Fmax}}$$

où