

---

---

**Nanomatériaux — Quantification de  
la libération de nano-objets par les  
poudres par production d'aérosols**

*Nanomaterials — Quantification of nano-object release from powders  
by generation of aerosols*

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

[ISO/TS 12025:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8e0efd91-6c0b-47b1-b124-1ad59896765c/iso-ts-12025-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8e0efd91-6c0b-47b1-b124-1ad59896765c/iso-ts-12025-2012>



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

ISO/TS 12025:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8e0efd91-6c0b-47b1-b124-1ad59896765c/iso-ts-12025-2012>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2012

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20  
Tel. + 41 22 749 01 11  
Fax + 41 22 749 09 47  
E-mail [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Version française parue en 2013

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

<b>Avant-propos</b> .....	<b>iv</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>v</b>
<b>1 Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3 Termes, définitions et abréviations</b> .....	<b>1</b>
3.1 Termes généraux.....	1
3.2 Termes associés aux propriétés et au mesurage des particules.....	2
<b>4 Symboles</b> .....	<b>5</b>
<b>5 Facteurs influençant les résultats d'une libération de nano-objets par des poudres</b> .....	<b>5</b>
5.1 Sélection de la méthode d'essai.....	5
5.2 Propriétés du matériau influençant la libération de nano-objets d'une poudre.....	5
5.3 Étapes de l'essai.....	6
<b>6 Exigences de l'essai</b> .....	<b>7</b>
6.1 Généralités.....	7
6.2 Évaluation de la sécurité.....	7
6.3 Préparation des échantillons.....	8
6.4 Traitement des échantillons.....	8
6.5 Mesurage des nano-objets aérosolisés.....	10
<b>7 Exigences pour les configurations et protocoles d'essai</b> .....	<b>15</b>
<b>8 Consignation des données</b> .....	<b>16</b>
<b>Annexe A (informative) Considérations pour la sélection du mode opératoire de traitement</b> .....	<b>17</b>
<b>Annexe B (informative) Méthodes du tambour rotatif et de la chute continue</b> .....	<b>19</b>
<b>Annexe C (informative) Méthode de l'agitateur vortex</b> .....	<b>23</b>
<b>Annexe D (informative) Méthode dynamique</b> .....	<b>25</b>
<b>Annexe E (informative) Principes de la désagglomération</b> .....	<b>28</b>
<b>Annexe F (informative) Sélection de la méthode de mesure des nano-objets</b> .....	<b>29</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>32</b>

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

Dans d'autres circonstances, en particulier lorsqu'il existe une demande urgente du marché, un comité technique peut décider de publier d'autres types de documents normatifs:

- une Spécification publiquement disponible ISO (ISO/PAS) représente un accord entre les experts dans un groupe de travail ISO et est acceptée pour publication si elle est approuvée par plus de 50 % des membres votants du comité dont relève le groupe de travail;
- une Spécification technique ISO (ISO/TS) représente un accord entre les membres d'un comité technique et est acceptée pour publication si elle est approuvée par 2/3 des membres votants du comité.

Une ISO/PAS ou ISO/TS fait l'objet d'un examen après trois ans afin de décider si elle est confirmée pour trois nouvelles années, révisée pour devenir une Norme internationale, ou annulée. Lorsqu'une ISO/PAS ou ISO/TS a été confirmée, elle fait l'objet d'un nouvel examen après trois ans qui décidera soit de sa transformation en Norme internationale soit de son annulation.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO/TS 12025 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 229, *Nanotechnologies*.

## Introduction

Les émissions ou la libération dans l'air ambiant de nano-objets résultant de la manipulation de matériaux nanostructurés pulvérulents est une considération importante lors de la conception et de l'exploitation de nombreux processus industriels. Les nano-objets libérés peuvent affecter la santé humaine et l'environnement, selon la nature et la quantité du nanomatériau. Il est donc important d'obtenir des données concernant la propension des nanomatériaux à libérer des nano-objets, afin de permettre l'évaluation, le contrôle et la minimisation de l'exposition.

Les trois principaux groupes cibles d'experts pour l'évaluation de la libération de nano-objets par les matériaux nanostructurés sont:

- les chercheurs et ingénieurs en matériaux, qui conçoivent des nanomatériaux sûrs et des processus sûrs pour la manipulation des nanomatériaux;
- les spécialistes de la santé et de la sécurité au travail;
- les spécialistes de l'environnement, qui ont besoin de données concernant l'exposition en plus des données de toxicité pour l'évaluation des risques associés aux nanomatériaux manufacturés (voir A.2) et qui collectent des données sur le pouvoir de resuspension (informations gravimétriques ainsi que sur la concentration et la taille des particules).

La propension des nanomatériaux à libérer des nano-objets dans l'air est déterminée par des méthodes d'essai conçues pour apporter de l'énergie à un échantillon afin de soumettre les liaisons intraparticulaires à une contrainte. Cette mise sous contrainte implique une abrasion, une érosion ou un broyage, qui entraîne la dissémination des particules dans la phase gazeuse, c'est-à-dire la génération d'aérosols permettant la quantification à l'aide d'instruments de mesure d'aérosol.

Les méthodes utilisées pour mesurer la libération de nano-objets par des nanomatériaux peuvent inclure des méthodes d'essai sur le pouvoir de resuspension, mais il convient de prendre en compte les différences de base des méthodes conventionnelles applicables au test du pouvoir de resuspension. Il convient également de tenir compte de la variabilité élevée des propriétés de flux des poudres et de l'influence du montage d'essai. Les méthodes conventionnelles de mesure du pouvoir de resuspension pour des particules micrométriques estiment la quantité de poussière générée en termes de fraction de masse de poussière ou d'indices du pouvoir de resuspension. Il a été observé que les méthodes de génération d'aérosol pour la détermination du pouvoir de resuspension des poudres contenant des particules primaires de diamètre inférieur à 10 µm produisent des résultats très différents entre elles.

Il existe un grand nombre de combinaisons possibles de méthodes différentes pour la conception des méthodes de mesure du pouvoir de resuspension.<sup>[1]</sup> La seule norme actuelle, l'EN 15051:2006,<sup>[2]</sup> a sélectionné deux méthodes: la méthode du tambour rotatif et la méthode de la chute continue. Les valeurs mesurées sont les fractions de masse inhalables, thoraciques ou alvéolaires, exprimées en mg/kg.

Des définitions pour les fractions inhalables, thoraciques et alvéolaires sont données dans l'EN 481.<sup>[3]</sup> Les diamètres aérodynamiques de 100 µm, 10 µm et 4 µm sont les limites supérieures des fractions granulométriques correspondantes. Ces fractions de masse, pertinentes pour l'inhalation, peuvent être ajoutées comme mesurandes dans le mesurage des nano-objets mis en aérosol pour caractériser le scénario complet de libération des particules.

Schneider et Jensen<sup>[4]</sup> ont décrit des méthodes utilisant des distributions granulométriques numériques pour corrélérer l'exposition aux nano-objets dans un environnement intérieur avec l'intensité des sources résultant de la libération de nano-objets pendant la manipulation de poudres nanostructurées. Ils ont conclu que l'essai du pouvoir de resuspension combiné à des mesurages de distribution granulométrique en ligne fournit un aperçu de l'état d'agglomération des particules libérées pendant la manipulation des matériaux pulvérulents en vrac.

En outre, l'évaluation de la libération de nano-objets par des matériaux nanostructurés pulvérulents nécessite des méthodes et des mesurandes supplémentaires par rapport aux méthodes d'évaluation du pouvoir de resuspension des poudres. La concentration de particules et la distribution granulométrique sont d'autres mesurandes nécessaires pour la quantification de la libération de nano-objets.

Les aérosols de nano-objets sont plus dynamiques que les particules micrométriques du fait d'une plus grande sensibilité aux effets physiques tels que la diffusion brownienne. La poudre peut présenter une porosité et une cohésion très supérieures à celles des poudres contenant des particules de plus grandes dimensions, avec une résistance supérieure à l'écoulement et une surface spécifique moindre. Les nano-objets des matériaux pulvérulents peuvent dominer les propriétés pertinentes du matériau en vrac à travers des interactions particule-particule qui constituent des agglomérats semblables à des grappes. La caractérisation de ces particules nanostructurées secondaires, constituées de nano-objets primaires, est encore mal comprise. Il a été démontré, dans le cas de la fumée de silice par exemple, que la distribution granulométrique résultante des aérosols dépend fortement des conditions impliquées dans les différentes méthodes de mesure.[5][6]

Les aérosols et les poudres sont également générés par des essais d'abrasifs tribologiques[7] de nanocomposites et de peintures contenant des nanoparticules.[8][9] De tels essais d'abrasion ne sont pas abordés dans la présente Spécification technique. Cependant, la méthodologie de mesurage de ces publications a été éprouvée pour la quantification de la libération de nano-objets par des poudres d'usure par génération d'aérosols.

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

[ISO/TS 12025:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8e0efd91-6c0b-47b1-b124-1ad59896765c/iso-ts-12025-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8e0efd91-6c0b-47b1-b124-1ad59896765c/iso-ts-12025-2012>

# Nanomatériaux — Quantification de la libération de nano-objets par les poudres par production d'aérosols

**AVERTISSEMENT** — Il convient de ne confier l'exécution des dispositions du présent document qu'à du personnel convenablement qualifié et expérimenté, auquel il est destiné.

## 1 Domaine d'application

La présente Spécification technique fournit une méthodologie pour la quantification de la libération de nano-objets par les poudres en conséquence d'un traitement, allant de la manipulation à une dispersion à haute énergie, par mesurage des aérosols libérés après un mode opératoire défini d'aérosolisation. Outre les informations en termes de masse, la caractérisation de l'aérosol concerne les concentrations de particules et les distributions granulométriques. La présente Spécification technique fournit des informations sur les facteurs à prendre en compte lors de la sélection parmi les méthodes disponibles pour l'échantillonnage des poudres et les modes opératoires de traitement. Elle spécifie également les exigences minimales pour la préparation des échantillons d'essai, le développement du protocole d'essai, le mesurage de la libération de particules et la consignation des données. Afin de caractériser toute la plage granulométrique des particules produites, le mesurage des nano-objets, ainsi que des agglomérats et des agrégats, est recommandé dans la présente Spécification technique.

La présente Spécification technique n'inclut pas la caractérisation granulométrique au sein de la poudre. Les méthodes tribologiques sont exclues lorsqu'un frottement mécanique direct est appliqué pour broyer ou éroder le matériau.

## 2 Références normatives

[ISO/TS 12025:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8e0efd91-6c0b-47b1-b124-1ad59896765c/iso-ts-12025-2012)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8e0efd91-6c0b-47b1-b124-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8e0efd91-6c0b-47b1-b124-1ad59896765c/iso-ts-12025-2012)

[1ad59896765c/iso-ts-12025-2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8e0efd91-6c0b-47b1-b124-1ad59896765c/iso-ts-12025-2012)

Les documents ci-après, dans leur intégralité ou non, sont des références normatives indispensables à l'application 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/TS 27687:2008, *Nanotechnologies — Terminologie et définitions relatives aux nano-objets — Nanoparticule, nanofibre et nanofeuillet*

ISO/TS 80004-1, *Nanotechnologies — Vocabulaire — Partie 1: Termes «coeur»*

## 3 Termes, définitions et abréviations

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO/TS 27687 et l'ISO/TS 80004-1 ainsi que les suivants s'appliquent.

### 3.1 Termes généraux

#### 3.1.1

#### **libération par une poudre**

transfert de matière d'une poudre vers un liquide ou un gaz résultant d'une perturbation

#### 3.1.2

#### **nombre de nano-objets libérés**

$n$

nombre total de nano-objets libérés par un échantillon suite à une perturbation

### 3.1.3

#### Taux de libération de nano-objets

$n_t$

nombre total de nano-objets libérés par seconde suite à une perturbation

### 3.1.4

#### nombre de nano-objets libérés en fonction de la masse spécifique

$n_m$

nombre de nano-objets libérés divisé par la masse de l'échantillon avant la perturbation

### 3.1.5

#### nombre de nano-objets libérés en fonction de la perte spécifique de masse

$n_{\Delta m}$

nombre de nano-objets libérés divisé par la différence de masse de l'échantillon avant et après la perturbation

### 3.1.6

#### concentration de nano-objets dans un aérosol

$c_n$

nombre de nano-objets par unité de volume d'aérosol dans la zone de traitement de l'échantillon

### 3.1.7

#### débit volumique d'aérosol

$V_t$

débit volumique à travers la zone de traitement de l'échantillon

## 3.2 Termes associés aux propriétés et au mesurage des particules

### 3.2.1

#### aérosol

système de particules solides ou liquides en suspension dans un gaz

[ISO 15900:2009, définition 2.1]

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8e0efd91-6c0b-47b1-b124-1ad59896765c/iso-ts-12025-2012>

### 3.2.2

#### porosité intraparticulaire

rapport du volume des pores ouverts à l'intérieur de la particule sur le volume total occupé par le solide

[ISO 15901-1:2005, définition 3.9]

### 3.2.3

#### porosité interparticulaire

rapport du volume de l'espace entre les particules dans une poudre sur le volume apparent des particules ou de la poudre

[ISO 15901-1:2005, définition 3.10]

### 3.2.4

#### diamètre sphérique équivalent

diamètre d'une sphère qui donne une réponse identique à celle obtenue avec la particule mesurée, via un instrument de mesure des dimensions des particules

Note 1 à l'article: La propriété physique à laquelle se rapporte le diamètre équivalent est précisée par un indice approprié (ISO 9276-1:1998).

Note 2 à l'article: Pour le comptage de particules discrètes avec des instruments de dispersion de la lumière, le diamètre optique équivalent est utilisé.

Note 3 à l'article: Pour les instruments inertiels, le diamètre aérodynamique est utilisé. Le diamètre aérodynamique est le diamètre d'une sphère d'une masse volumique de  $1\ 000\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$  ayant la même vitesse de dépôt que la particule irrégulière.

[ISO/TS 27687:2008, définition A.3.3]

**3.2.5****distribution granulométrique**

distribution cumulée ou densité de dépôts d'une quantité de tailles de particules, représentée par des diamètres sphériques équivalents ou d'autres dimensions linéaires

Note 1 à l'article: Les mesures de quantité et les types de distributions sont définis dans l'ISO 9276-1:1998.

**3.2.6****matière particulaire inférieure à 2,5 µm****PM<sub>2,5</sub>**

concentration massique de la matière particulaire fine, dont le diamètre aérodynamique nominal est inférieur ou égal à 2,5 micromètres (PM<sub>2,5</sub>)

Note 1 à l'article: Voir la Référence [10].

**3.2.7****matière particulaire inférieure à 10 µm****PM<sub>10</sub>**

concentration massique de la matière particulaire fine, dont le diamètre aérodynamique nominal est inférieur ou égal à 10 micromètres (PM<sub>10</sub>)

Note 1 à l'article: Voir la Référence [11].

Note 2 à l'article: PM<sub>10</sub> est utilisé pour la fraction thoracique comme cela est expliqué dans l'EN 481:1993.

**3.2.8****compteur de particules à condensation****CPC**

instrument qui mesure la concentration de particules d'un aérosol en utilisant un effet de condensation pour accroître la taille des particules aérosolisées

Note 1 à l'article: Les tailles des particules détectées sont généralement inférieures à plusieurs centaines de nanomètres et supérieures à quelques nanomètres.

Note 2 à l'article: Un CPC est l'un des détecteurs pouvant être utilisés avec un ADME.

Note 3 à l'article: Dans certains cas, un compteur de particules à condensation peut être nommé compteur à noyaux de condensation (CNC).

Note 4 à l'article: Adapté de l'ISO 15900:2009, définition 2.5.

**3.2.9****analyseur de mobilité électrique différentielle****ADME**

analyseur capable de sélectionner les particules d'aérosol en fonction de leur mobilité électrique et de les faire traverser ses sorties

Note 1 à l'article: Un ADME classe les particules d'aérosol en équilibrant la force électrique appliquée à chaque particule avec sa force de traînée aérodynamique dans un champ électrique. Les particules classées sont dans une gamme étroite de mobilité électrique déterminée par les conditions de fonctionnement et les dimensions de l'ADME, mais elles peuvent avoir des tailles différentes du fait de la différence du nombre de charges qu'elles portent.

**3.2.10****analyseur de mobilité différentielle****DMA**

système de mesure de la distribution granulométrique des particules d'aérosol de dimension inférieure au micromètre, constitué d'un ADME, de débitmètres, d'un détecteur de particules, d'une tuyauterie de raccordement, d'un ordinateur et des logiciels appropriés

[ISO 15900:2009, définition 2.8]

### 3.2.11

#### **nano-objet**

matériau dont une, deux ou les trois dimensions externes sont à la nano-échelle

Note 1 à l'article: Terme générique pour tous les objets discrets à la nano-échelle.

[ISO/TS 27687:2008, définition 2.2]

### 3.2.12

#### **nano-échelle**

gamme de dimensions s'étendant d'approximativement 1 nm à 100 nm

Note 1 à l'article: Les propriétés qui ne constituent pas des extrapolations par rapport à des dimensions plus grandes seront présentées de façon générale, mais pas exclusivement, dans cette gamme de dimensions. Pour ces propriétés, les limites dimensionnelles sont considérées approximatives.

Note 2 à l'article: Dans cette définition, la limite inférieure (approximativement 1 nm) est indiquée pour éviter à des atomes isolés et à de petits groupes d'atomes d'être désignés en tant que nano-objets ou éléments de nanostructures, ce qui pourrait être le cas en l'absence de limite inférieure.

[ISO/TS 27687:2008, définition 2.1]

### 3.2.13

#### **agglomérat**

ensemble de particules faiblement liées, d'agrégats ou mélange des deux, maintenus ensemble par des forces faibles, 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 faibles sont, par exemple, des forces de Van der Waals ou un simple enchevêtrement physique.

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

Note 3 à l'article: Adapté de l'ISO/TS 27687:2008, définition 3.2.

### 3.2.14

#### **agrégat**

particule constituée de particules fortement liées ou fusionnées maintenues ensemble par des forces intenses, dont l'aire de la surface externe résultante est considérablement plus petite que la somme des aires de surface calculées de chacun des composants

Note 1 à l'article: Les forces intenses sont, 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 des particules secondaires et les particules sources initiales sont des particules primaires.

Note 3 à l'article: Adapté de l'ISO/TS 27687:2008, définition 3.3.

### 3.2.15

#### **pouvoir de resuspension**

propension des matériaux à produire des poussières en suspension dans l'air lorsqu'ils sont manipulés

Note 1 à l'article: Pour les besoins du présent document, le pouvoir de resuspension est dérivé de la quantité de poussière émise lors d'un mode opératoire d'essai normalisé.

[EN 15051:2006, définition 3.4]

## 4 Symboles

Pour les besoins du présent document, les symboles suivants s'appliquent:

Symbole	Quantité	Unité SI
$n$	nombre de nano-objets libérés	sans dimension
$n_t$	taux de libération de nano-objets	$s^{-1}$
$c_n$	concentration de nano-objets dans un aérosol	$m^{-3}$
$n_m$	nombre de nano-objets libérés en fonction de la masse spécifique	$kg^{-1}$
$n_{\Delta m}$	nombre de nano-objets libérés en fonction de la perte spécifique de masse d'un échantillon traité avec une perte de masse $\Delta m$	$kg^{-1}$
$V_t$	débit volumique d'aérosol	$m^3 s^{-1}$

## 5 Facteurs influençant les résultats d'une libération de nano-objets par des poudres

### 5.1 Sélection de la méthode d'essai

Il convient de définir avec soin l'objet de l'essai ou du programme expérimental planifié lors de la sélection.

La sélection de la méthode d'essai dépend des considérations suivantes:

- propriétés des poudres énumérées dans le [Tableau 1](#);
- applicabilité des méthodes d'essai normalisées du pouvoir de resuspension<sup>[2]</sup> ou d'autres méthodes de traitement des poudres pour simuler le processus habituel de manipulation des poudres en pratique ainsi que la sélection des paramètres de traitement appropriés.

Le résultat de l'essai planifié dépendra des conditions expérimentales sélectionnées.

**EXEMPLE 1** Détermination de la libération de nano-objets et du pouvoir de resuspension d'une poudre pour prévoir la libération de particules lors de la manipulation dans des processus industriels types.

**EXEMPLE 2** Estimation de la libération de nano-objets et d'agglomérats/agrégats par une poudre lors d'un essai à très haute énergie.

### 5.2 Propriétés du matériau influençant la libération de nano-objets d'une poudre

Les propriétés influençant la génération et les mesurages des poudres aérosolisées contenant des nano-objets sont résumées dans le [Tableau 1](#). Actuellement, le mesurage d'un grand nombre de ces propriétés peut être difficile, mais il convient de les prendre en compte.

Tableau 1 — Propriétés représentatives influençant la libération de nano-objets par des poudres

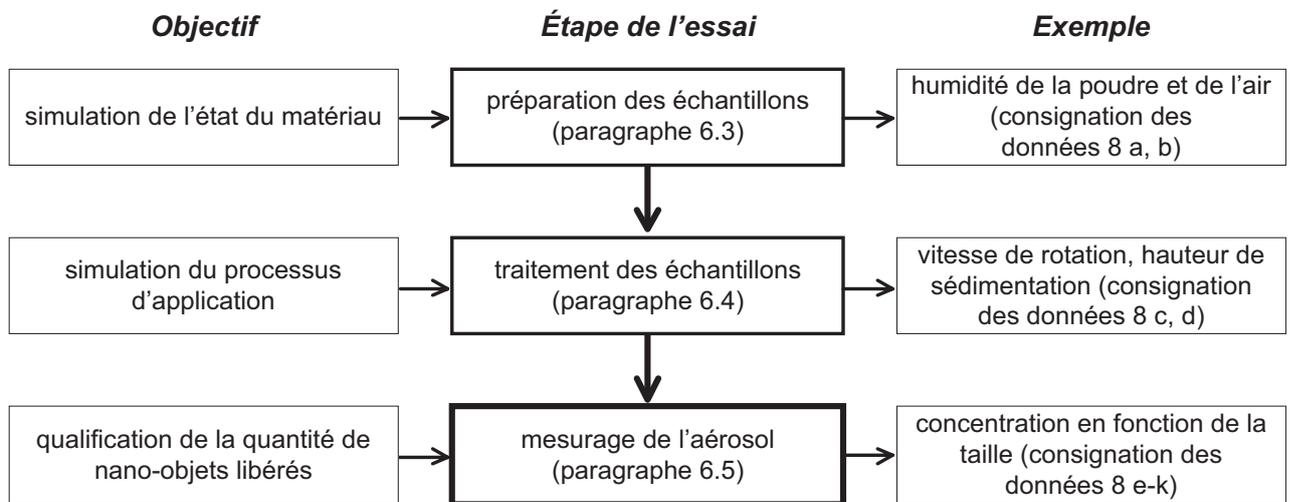
Propriété	Description
Taille de particule	<p>Propriété fondamentale. La valeur de la taille de particule dépend de la méthode de mesure et du diamètre équivalent correspondant (par exemple le diamètre aérodynamique, le diamètre de mobilité électrique, le diamètre équivalent en surface).</p> <p>La taille de particule des particules primaires ou des agrégats ne changera pas pendant la manipulation des poudres nanostructurées. La taille de particule des agglomérats changera dans certaines conditions de processus et de manipulation. Elle peut donc se comporter comme un paramètre du processus.</p> <p>La distribution granulométrique mesurée dépendra du type d'instrument. L'instrument peut mesurer les diamètres aérodynamiques ou de mobilité, les surfaces spécifiques ou d'autres paramètres. La forme exacte des particules primaires dépendra du processus de fabrication. Les nano-objets peuvent constituer une petite fraction de la masse totale de certains matériaux.</p>
Forme de particule	Les formes de particule prennent une large gamme de géométries en fonction du matériau et du processus. Les agglomérats et les agrégats de nano-objets peuvent être de forme fractale. Les forces d'adhésion dépendent de la forme de la particule à cause de la géométrie de contact.
Cristallinité	Certains matériaux pulvérulents peuvent exister dans divers états cristallins ou sous forme amorphe. La proportion de la phase cristalline peut varier en fonction de la taille de particule.
Hygroscopicité	<p>L'interaction de la particule avec l'humidité dans l'air caractérisée par l'humidité relative affectera la cohésion des particules. Ainsi, l'historique de l'humidité relative de l'environnement de stockage de la poudre peut être important.</p> <p>Les caractères hydrophobe ou hydrophile affectent le pouvoir de resuspension, car, avec le temps qui passe, un nanomatériau hydrophile tel que l'oxyde de magnésium deviendra moins poussiéreux du fait de l'absorption de l'eau présente dans l'air. Inversement, certaines silices amorphes synthétiques, par exemple, peuvent facilement être chargées électrostatiquement et aérosolisées.</p>
Cohésion	La valeur des forces d'adhésion entre les particules affectera le détachement des particules lors de l'introduction d'une force dans le système. La cohésion affectera la porosité entre les particules et la coulabilité de la poudre. La tendance des nano-poudres au frittage ou à l'agglomération est également à prendre en compte.
Masse volumique du matériau	La masse volumique du matériau affectera l'aérosolisation. Par exemple, certains oxydes de tungstène ont une masse volumique élevée et ne sont pas très poussiéreux.
Porosité	La porosité mesure les espaces vides dans un matériau. Elle inclut la porosité des nano-objets primaires, des agglomérats et, de manière générale, la densité de tassement de la poudre en vrac.
Résistivité électrique	La résistance électrique de la poudre affecte la capacité du système à dissiper la charge électrique.
Triboélectricité	La capacité du matériau à produire de l'électricité statique affectera les forces à l'intérieur de la poudre.

Ces propriétés de la poudre propres au matériau sont respectivement prises en compte dans la conception de l'essai de l'Article 6 et dans la consignation des données de l'Article 8.

### 5.3 Étapes de l'essai

La [Figure 1](#) offre une présentation schématique des étapes de l'essai nécessaires pour la quantification de la libération de nano-objets par les poudres. Sur la base du grand nombre de facteurs influençant la

préparation et le traitement des échantillons, et du manque de compréhension actuel du traitement des échantillons, la présente Spécification technique fournit un contenu normatif dans des conditions de base pour l'étape de mesurage de l'aérosol.



**Figure 1 — Présentation schématique des étapes de l'essai pour la quantification de la libération de nano-objets par des poudres**

Actuellement, pour le traitement des échantillons, aucune méthode générale ne peut être normalisée. Presque toutes les études portant sur les poudres souffrent d'une détermination incomplète de l'apport d'énergie pendant le traitement des échantillons. Pour un traitement répétable des poudres, deux dispositifs de mesurage du pouvoir de resuspension ont été normalisés (voir l'Annexe B) et d'autres dispositifs ont été soumis à l'essai et recommandés dans la littérature (voir les Annexes C et D). L'Annexe E ajoute le traitement continu dans les principes techniques de désagglomération.

## 6 Exigences de l'essai

### 6.1 Généralités

**6.1.1** Les paramètres du processus du mode opératoire d'échantillonnage et du mode opératoire de mesurage doivent être sélectionnés en tenant compte de l'objet de l'essai et des propriétés matérielles pertinentes du matériau dans le [Tableau 1](#).

**6.1.2** Le protocole d'essai doit contenir ces considérations: l'objet, les paramètres du mode opératoire et les propriétés pertinentes du matériau.

**6.1.3** Il convient que les accords entre l'acheteur et le vendeur comprennent les considérations relatives aux conditions de processus simulées, à la capacité de rapprochement à des méthodes normalisées et aux objectifs de l'étude.

### 6.2 Évaluation de la sécurité

**6.2.1** Les matériaux doivent être soumis à une évaluation de la sécurité avant le début des essais. Des directives sont fournies dans l'ISO/TR 13121[47] et l'ISO/TR 27628.[13]

NOTE 1 Certains nanomatériaux peuvent être toxiques. Le niveau de toxicité peut dépendre de la composition, de la taille et de la morphologie des particules et d'autres propriétés physico-chimiques du matériau.

NOTE 2 Un nanomatériau potentiellement explosif, pyrophorique ou inflammable peut présenter un risque d'incendie ou d'explosion.