

---

---

**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 12025:2021](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9042d85e-d7e6-4d83-8a3e-5754013f3cfa/iso-ts-12025-2021)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9042d85e-d7e6-4d83-8a3e-5754013f3cfa/iso-ts-12025-2021>



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

[ISO/TS 12025:2021](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9042d85e-d7e6-4d83-8a3e-5754013f3cfa/iso-ts-12025-2021)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9042d85e-d7e6-4d83-8a3e-5754013f3cfa/iso-ts-12025-2021>



**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
<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 et définitions</b> .....	<b>1</b>
3.1    Termes généraux.....	1
3.2    Termes associés aux propriétés et au mesurage des particules.....	2
<b>4</b> <b>Symboles</b> .....	<b>5</b>
<b>5</b> <b>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 de génération.....	5
5.2    Propriétés du matériau influençant la libération de nano-objets par une poudre.....	6
5.3    Étapes de l'essai.....	7
<b>6</b> <b>Exigences d'essai</b> .....	<b>8</b>
6.1    Généralités.....	8
6.2    Évaluation de la sécurité.....	8
6.3    Préparation des échantillons.....	9
6.4    Traitement de l'échantillon.....	9
6.4.1    Méthodes par génération de poussière.....	9
6.4.2    Méthodes de dispersion pour la génération d'aérosols.....	10
6.4.3    Exécution et rapport du traitement des échantillons.....	10
6.5    Mesurage des nano-objets aérosolisés.....	11
6.5.1    Sélection de la méthode de mesure.....	11
6.5.2    Paramètres de transport et d'échantillonnage.....	12
6.5.3    Considérations avant essai.....	13
6.5.4    Résultats du mesurage de la taille et de la concentration.....	13
6.5.5    Distribution granulométrique et autres paramètres caractéristiques de mesurage.....	16
<b>7</b> <b>Exigences pour les configurations et protocoles d'essai</b> .....	<b>17</b>
<b>8</b> <b>Rapport d'essai</b> .....	<b>17</b>
<b>Annexe A (informative) Considérations pour la sélection du mode opératoire pour le traitement d'échantillon</b> .....	<b>19</b>
<b>Annexe B (informative) Méthodes d'essai de référence sur le pouvoir de resuspension</b> .....	<b>21</b>
<b>Annexe C (informative) Méthode dynamique</b> .....	<b>24</b>
<b>Annexe D (informative) Méthodes de dispersion</b> .....	<b>28</b>
<b>Annexe E (informative) Sélection de la méthode de mesure des nano-objets</b> .....	<b>30</b>
<b>Annexe F (informative) Intensité de la dispersion sèche dans les dispositifs de mesure</b> .....	<b>32</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>33</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 (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.

(standards.iteh.ai)

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 le lien suivant: [www.iso.org/iso/fr/avant-propos](http://www.iso.org/iso/fr/avant-propos).

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 229, *Nanotechnologies*, en collaboration avec le comité technique CEN/TC 352, *Nanotechnologies*, du Comité européen de normalisation (CEN), conformément à l'Accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO/TS 12025:2012), qui a fait l'objet d'une révision technique.

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

- l'Introduction et la Bibliographie ont été révisés et mis à jour;
- [6.4.1](#) et [6.4.2](#) et l'[Annexe A](#) ont été mis à jour en ce qui concerne la description et la sélection de la procédure de traitement des échantillons conformément aux nouvelles normes européennes.

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 poudres industrielles, lorsqu'elles sont soumises à une source d'énergie extérieure ou à des contraintes dues à la manipulation et au flux d'air, libèrent des particules entraînées dans l'air ambiant pour former des aérosols. Les aérosols dans l'échelle nanométrique 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 aux matériaux 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 nanostructurés peuvent dominer les propriétés pertinentes du matériau en vrac à travers des interactions particule-particule qui constituent des clusters, comme les agglomérats.

La caractérisation de la libération d'aérosols comprend trois grandes étapes: la génération, le transport et le mesurage. En général, pour réduire les pertes dues au transport et l'agglomération des aérosols, il convient de limiter autant que possible la distance entre la génération et le mesurage. Bien qu'il existe potentiellement différentes approches<sup>[35]</sup>, la génération d'un aérosol s'inspire généralement de différents scénarios représentatifs (par exemple, pour simuler des processus spécifiques de manipulation manuelle ou mécanique de poudres ou, dans le cas le plus défavorable, une dispersion à haute énergie).

Le présent document s'applique uniquement au mesurage de la libération de nano-objets par les poudres. Cela permet des comparaisons de la libération de nano-objets par différentes poudres en utilisant le même système de génération et de mesure. Le choix de la méthode de mesure doit tenir compte des caractéristiques (par exemple, la dépendance temporelle) du système de génération et du potentiel de pertes et d'agglomération au cours du transport et de l'introduction dans l'instrument de mesure. Le présent document fournit donc un résumé des méthodes de génération et de mesure actuellement disponibles pour aider les scientifiques et ingénieurs en matériaux à comparer la libération de nano-objets par différentes poudres.

La quantification de la libération de nano-objets par les poudres décrite dans le présent document ne peut en aucun cas se substituer aux essais de pouvoir de resuspension ou à une évaluation des risques pour la santé.

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

ISO/TS 12025:2021

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9042d85e-d7e6-4d83-8a3e-5754013f3cfa/iso-ts-12025-2021>

# 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

Le présent document décrit des méthodes 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. La concentration en nombre de particules et la distribution granulométrique de l'aérosol sont mesurées et la concentration massique est calculée. Le présent document fournit des informations sur les facteurs à prendre en compte pour la sélection des méthodes pour l'échantillonnage des poudres et les modes opératoires de traitement. Il 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 générées, le mesurage des nano-objets ainsi que des agglomérats et des agrégats est adressé dans le présent document.

Le présent document n'inclut pas la caractérisation granulométrique des particules 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 12025:2021

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/TS 80004-1:2015, *Nanotechnologies — Vocabulaire — Partie 1: Termes "coeur"*

ISO/TS 80004-2:2015, *Nanotechnologies — Vocabulaire — Partie 2: Nano-objets*

## 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'ISO/TS 80004-1:2015, l'ISO/TS 80004-2:2015 ainsi que les suivants, s'appliquent.

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

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

### 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* (3.2.9) libérés par un échantillon suite à une perturbation

**3.1.3**

**taux de libération de nano-objets**

$n_t$   
nombre total de *nano-objets* (3.2.9) 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* (3.1.2) divisé par la masse de l'échantillon avant une perturbation

**3.1.5**

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

$n_{\Delta m}$   
nombre de *nano-objets libérés* (3.1.2) divisé par la différence de masse de l'échantillon avant et après une perturbation

**3.1.6**

**concentration en nombre de nano-objets dans un aérosol**

$c_n$   
nombre de *nano-objets* (3.2.9) 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

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9042d85e-d7e6-4d83-8a3e-41411e100000/iso-ts-12025-2021>

**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

[SOURCE: ISO 15900:2009, 2.1]

**3.2.2**

**diamètre sphérique équivalent**

diamètre d'une sphère ayant les mêmes propriétés physiques que la particule mesurée

Note 1 à l'article: Les propriétés physiques sont, par exemple, la même vitesse de stabilisation ou le même volume de déplacement d'une solution électrolytique ou la même surface projetée au microscope.

Note 2 à l'article: La propriété physique à laquelle se réfère le diamètre équivalent doit être indiquée à l'aide d'un indice approprié, par exemple  $x_s$  pour le diamètre équivalent de surface ou  $x_v$  pour le diamètre équivalent de volume.

[SOURCE: ISO/TS 80004-2:2015, A.2.3]

**3.2.3**

**distribution de taille de particules**

**distribution granulométrique**

distribution cumulée ou distribution de densité d'une quantité de tailles de particules, représentée par des *diamètres sphériques équivalents* (3.2.2) 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].

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

concentration massique de la matière particulaire fine, dont le diamètre aérodynamique nominal est inférieur ou égal à 2,5 micromètres

Note 1 à l'article: Voir Annexe J dans la Référence [47].

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

concentration massique de la matière particulaire fine, dont le diamètre aérodynamique nominal est inférieur ou égal à 10 micromètres

Note 1 à l'article: Voir Annexe J dans la Référence [47].

Note 2 à l'article: PM<sub>10</sub> est utilisé pour la fraction thoracique comme cela est expliqué dans l'EN 481:1993[15].

**3.2.6****compteur de particules à condensation****CPC**

instrument qui mesure la concentration en nombre de particules d'un *aérosol* (3.2.1) 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 un type de détecteur qu'il est possible d'utiliser avec un *classificateur différentiel de mobilité électrique* (3.2.7).

Note 3 à l'article: Dans certains cas, un CPC peut être appelé «compteur à noyaux de condensation (CNC)».

[SOURCE: ISO 15900:2020, 3.8, modifiée — «en utilisant un effet de condensation pour accroître la taille des particules aérosolisées» a été ajouté à la définition.]

**3.2.7****classificateur différentiel de mobilité électrique****DEMC**

classificateur capable de sélectionner les particules d'*aérosol* (3.2.1) en fonction de leur mobilité électrique et de les faire traverser jusqu'à sa sortie

Note 1 à l'article: Un DEMC 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 se situent dans une plage étroite de mobilité électrique déterminée par les conditions opératoires et les dimensions physiques du DEMC, ces particules pouvant avoir des tailles différentes en raison de la différence entre les nombres de charges qu'elles portent.

[SOURCE: ISO 15900:2020, 3.11]

**3.2.8****système d'analyse différentielle de mobilité électrique****DMAS**

système de mesure de la distribution granulométrique des particules d'*aérosol* (3.2.1) de dimension inférieure au micromètre, constitué d'un *classificateur différentiel de mobilité électrique* (3.2.7), de débitmètres, d'un détecteur de particules, d'une tuyauterie de raccordement, d'un ordinateur et des logiciels appropriés

[SOURCE: ISO 15900:2020, 3.12]

## 3.2.9

### **nano-objet**

matériau dont une, deux ou les trois dimensions externes sont à l'échelle nanométrique (3.2.10)

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

[SOURCE: ISO/TS 80004-2:2015, 2.2, modifiée — «portion discrète de» a été supprimée du début de la définition et la Note 1 à l'article a été remplacée.]

## 3.2.10

### **échelle nanométrique**

échelle de taille s'étendant approximativement de 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 généralement, mais pas exclusivement, présentes dans cette échelle de longueur. Pour ces propriétés, les limites dimensionnelles sont approximatives.

Note 2 à l'article: Dans cette définition, on indique une limite inférieure (approximativement 1 nm) pour éviter à des atomes isolés et à de petits groupes d'atomes d'être désignés en tant que *nano-objets* (3.2.9) ou éléments de nanostructures, ce qui pourrait être le cas en l'absence de limite inférieure.

[SOURCE: ISO/TS 80004-2:2015, 2.1, modifiée — La Note 1 à l'article a été remplacée et la Note 2 à l'article a été ajoutée.]

## 3.2.11

### **agglomérat**

ensemble de particules faiblement liées ou d'agrégats (3.2.12) 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 (standards.iteh.ai)

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

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9042d85e-d7e6-4d83-8a3e-5754011f5c6/iso-ts-12025-2021>

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

[SOURCE: ISO/TS 80004-2:2015, 3.4, modifiée — «particules faiblement liées ou d'agrégats ou mélange des deux, maintenus ensemble par des forces faibles,» a remplacé «particules faiblement ou moyennement liées», les notes à l'article ont été reformulées.]

## 3.2.12

### **agrégat**

particule composée de particules fortement liées ou fusionnées maintenues ensemble par des interactions fortes, dont l'aire de la surface externe résultante est significativement plus petite que la somme des aires de surface calculées de chacun des composants

Note 1 à l'article: Les interactions fortes 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.

[SOURCE: ISO/TS 80004-2:2015, 3.5, modifiée — «maintenues ensemble par des interactions fortes» et «calculées» ont été ajoutés à la définition et les notes à l'article ont été reformulées.]

## 3.2.13

### **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.

Note 2 à l'article: Le pouvoir de resuspension n'est pas une propriété intrinsèque, car il dépend de la manière dont il est mesuré.

[SOURCE: EN 1540:2011, 2.5.1]

### 3.2.14

#### **fraction inhalable**

fraction massique des particules totales en suspension dans l'air inhalées par le nez et par la bouche

Note 1 à l'article: La fraction inhalable est spécifiée dans l'EN 481:1993<sup>[15]</sup>.

[SOURCE: EN 1540:2011, 2.3.1.1]

### 3.2.15

#### **fraction thoracique**

fraction massique des particules inhalées qui pénètrent au-delà du larynx

Note 1 à l'article: La fraction thoracique est spécifiée dans l'EN 481:1993<sup>[15]</sup>.

[SOURCE: EN 1540:2011, 2.3.1.2]

### 3.2.16

#### **fraction alvéolaire**

fraction massique des particules inhalées qui pénètrent dans les voies aériennes non cillées

Note 1 à l'article: La fraction alvéolaire est spécifiée dans l'EN 481:1993<sup>[15]</sup>.

[SOURCE: EN 1540:2011, 2.3.1.3]

iTeH STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

## 4 Symboles

Pour les besoins du présent document, les symboles dans le [Tableau 1](#) s'appliquent.

ISO/TS 12025:2021  
5754013f3cfa/iso-ts-12025-2021  
**Tableau 1 — Symboles**

Symbole	Grandeur	Unité SI
$n$	nombre de nano-objets libérés	sans dimension
$n_t$	taux de libération de nano-objets	$s^{-1}$
$c_n$	concentration en nombre 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 de masse spécifique 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 de génération

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

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

- a) les propriétés des poudres énumérées dans le [Tableau 2](#);
- b) l'applicabilité des méthodes d'essai normalisées sur le pouvoir de resuspension (voir la série de normes EN 15051<sup>[17][18][19]</sup>), ou d'autres méthodes de traitement des poudres pour simuler en

pratique le processus habituel de manipulation des poudres en pratique<sup>[32][34][37]</sup> 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 par une poudre pour prévoir la libération de nanoparticules au cours d'opérations manuelles et automatiques de manipulation modérée de poudres (par exemple, contrainte de dispersion faible à modérée) pour le traitement industriel.

**EXEMPLE 2** Estimation de la libération de nano-objets et d'agglomérats/agrégats par une poudre pour simuler les scénarios les plus défavorables d'une opération de manipulation, dans lesquels un important apport d'énergie ou une énergie d'activation élevée est appliqué(e) à la poudre ou au cours de la génération d'un aérosol pour des études d'inhalation sur des animaux. Un tel apport élevé d'énergie est susceptible d'être utilisé uniquement dans des opérations entièrement confinées afin de prévenir toute exposition inacceptable des travailleurs.

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

Les propriétés influençant la génération et les mesurages des poudres aérosolisées contenant des nano-objets sont résumées dans le [Tableau 2](#). Actuellement, il n'est pas nécessairement facile de mesurer un grand nombre de ces propriétés; il convient toutefois de les prendre en compte.

Ces propriétés de la poudre propres au matériau sont pertinentes pour la conception de l'essai (voir [Article 6](#)) et la consignation des données (voir [Article 8](#)).

**Tableau 2 — Propriétés représentatives influençant la libération de nano-objets par des poudres**

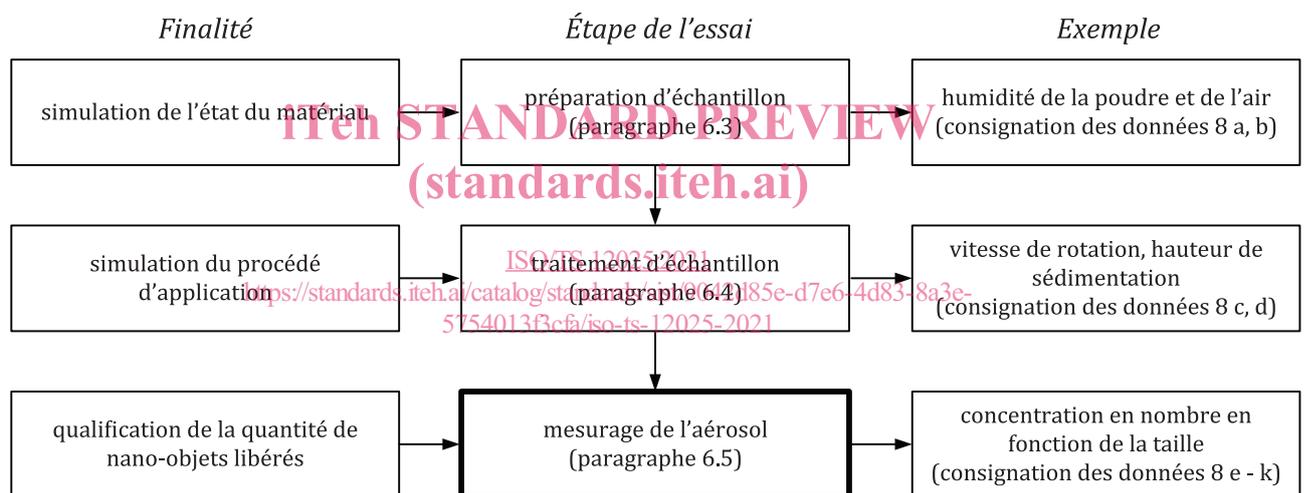
Propriété	Description
Taille de particules	<p>La valeur de la taille de particule dépend de la méthode de mesure et du diamètre équivalent correspondant (par exemple le diamètre aérodynamique, le diamètre de mobilité électrique, le diamètre équivalent en surface).</p> <p>La taille des particules primaires ou des agrégats ne changera pas pendant la manipulation des poudres nanostructurées. La taille des agglomérats changera dans certaines conditions opératoires et de manipulation, par exemple, une contrainte de cisaillement.</p> <p>La distribution granulométrique mesurée dépendra du type d'instrument. L'instrument peut mesurer les diamètres aérodynamiques ou de mobilité, les aires de surfaces spécifiques ou d'autres paramètres. La forme exacte des particules primaires dépendra du procédé de fabrication. Les nano-objets peuvent constituer une petite fraction de la masse totale de certains matériaux.</p>
Forme de particule	<p>Les formes de particule correspondent à une large gamme de géométries en fonction du matériau et du procédé. 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 surface.</p>
Cristallinité	<p>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.</p>
Hygroscopicité et teneur en humidité	<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 peuvent être facilement chargées électrostatiquement et donc aérosolisées.</p>
Cohésion	<p>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 nanopoudres au frittage ou à l'agglomération est également à prendre en compte.</p>

Tableau 2 (suite)

Propriété	Description
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.
Tribo-électricité	La capacité du matériau à produire de l'électricité statique affectera les forces à l'intérieur de la poudre.

### 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, le présent document fournit des exigences sur les 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 comme exigence. Presque toutes les études portant sur les poudres souffrent d'une détermination incomplète de l'apport d'énergie pendant le traitement des échantillons<sup>[38]</sup>.

Pour un traitement répétable des poudres, quatre méthodes (tambour rotatif, chute continue, petit tambour rotatif et agitateur vortex) ont été normalisées pour le mesurage du pouvoir de resuspension des poudres contenant des nano-objets (voir [Annexe B](#)) et d'autres dispositifs sont évalués et recommandés dans la littérature (voir [Annexe C](#)). L'[Annexe D](#) ajoute le traitement continu dans les principes techniques de désagglomération.