
**Nanotechnologies — Matrice de
méthodes de mesure pour les nano-
objets manufacturés**

*Nanotechnologies — Measurement technique matrix for the
characterization of nano-objects*

Sample Document

get full document from standards.iteh.ai



Numéro de référence
ISO/TR 18196:2016(F)

© ISO 2016

Sample Document

get full document from standards.iteh.ai



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2016, Publié en Suisse

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
Ch. de Blandonnet 8 • CP 401
CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland
Tel. +41 22 749 01 11
Fax +41 22 749 09 47
copyright@iso.org
www.iso.org

Sommaire

Page

Avant-propos.....	viii
Introduction.....	ix
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
3.1 Termes généraux.....	1
3.2 Paramètres des nano-objets.....	2
4 Paramètres inclus dans la matrice	3
5 Méthodes de mesure incluses dans la matrice	5
5.1 Généralités.....	5
5.2 Spectroscopie acoustique.....	6
5.2.1 Description.....	6
5.2.2 Paramètres des nano-objets.....	6
5.2.3 Avantages.....	6
5.2.4 Limitations.....	6
5.2.5 Mesurande.....	7
5.2.6 Normes pertinentes.....	7
5.3 Centrifugation analytique (AC).....	7
5.3.1 Description.....	7
5.3.2 Paramètres des nano-objets.....	7
5.3.3 Avantages.....	7
5.3.4 Limitations.....	7
5.3.5 Mesurande.....	7
5.3.6 Normes pertinentes.....	7
5.4 Spectroscopie électroacoustique.....	8
5.4.1 Description.....	8
5.4.2 Paramètres des nano-objets.....	8
5.4.3 Avantages.....	8
5.4.4 Limitations.....	8
5.4.5 Mesurande.....	9
5.4.6 Normes pertinentes.....	9
5.5 Analyseur de la masse des particules d'aérosol (AMS).....	9
5.5.1 Description.....	9
5.5.2 Paramètres des nano-objets.....	9
5.5.3 Avantages.....	9
5.5.4 Limitations.....	9
5.5.5 Mesurande.....	10
5.5.6 Normes pertinentes.....	10
5.6 Spectroscopie d'électrons Auger (AES).....	10
5.6.1 Description.....	10
5.6.2 Paramètres des nano-objets.....	10
5.6.3 Avantages.....	10
5.6.4 Limitations.....	10
5.6.5 Mesurande.....	10
5.6.6 Normes pertinentes.....	11
5.7 Méthode BET (Brunauer-Emmett-Teller) pour l'adsorption physique — Détermination de la surface spécifique.....	11
5.7.1 Description.....	11
5.7.2 Paramètres des nano-objets.....	11
5.7.3 Avantages.....	11
5.7.4 Limitations.....	11
5.7.5 Mesurande.....	12

5.7.6	Normes pertinentes	12
5.8	Compteur de particules à condensation (CPC)	12
5.8.1	Description	12
5.8.2	Paramètres des nano-objets	12
5.8.3	Avantages	12
5.8.4	Limitations	13
5.8.5	Mesurande	13
5.8.6	Normes pertinentes	13
5.9	Système d'analyse différentielle de mobilité (DMAS)	13
5.9.1	Description	13
5.9.2	Paramètres des nano-objets	13
5.9.3	Avantages	14
5.9.4	Limitations	14
5.9.5	Mesurande	14
5.9.6	Normes pertinentes	14
5.10	Analyse calorimétrique différentielle (DSC)	14
5.10.1	Description	14
5.10.2	Paramètres des nano-objets	14
5.10.3	Avantages	14
5.10.4	Limitations	15
5.10.5	Mesurande	15
5.10.6	Normes pertinentes	15
5.11	Diffusion dynamique de la lumière (DLS)	15
5.11.1	Description	15
5.11.2	Paramètres des nano-objets	16
5.11.3	Avantages	16
5.11.4	Limitations	16
5.11.5	Mesurande	17
5.11.6	Normes pertinentes	17
5.12	Spectroscopie de perte d'énergie électronique (EELS à transmission)	17
5.12.1	Description	17
5.12.2	Paramètres des nano-objets	17
5.12.3	Avantages	17
5.12.4	Limitations	17
5.12.5	Mesurande	18
5.12.6	Normes pertinentes	18
5.13	Électrophorèse/électrophorèse capillaire	18
5.13.1	Description	18
5.13.2	Paramètres des nano-objets	18
5.13.3	Avantages	18
5.13.4	Limitations	18
5.13.5	Mesurandes	18
5.13.6	Normes pertinentes	18
5.14	Spectrométrie de rayons X à dispersion d'énergie (EDS/EDX et WDS)	19
5.14.1	Description	19
5.14.2	Paramètres des nano-objets	19
5.14.3	Avantages	19
5.14.4	Limitations	19
5.14.5	Mesurande	19
5.14.6	Normes pertinentes	19
5.15	Fractionnement par couplage flux-force (FFF)	20
5.15.1	Description	20
5.15.2	Paramètres des nano-objets	20
5.15.3	Avantages	20
5.15.4	Limitations	20
5.15.5	Mesurande	20
5.15.6	Normes pertinentes	21
5.16	Spectroscopie à fluorescence	21

5.16.1	Description.....	21
5.16.2	Paramètres des nano-objets	21
5.16.3	Avantages	21
5.16.4	Limitations	21
5.16.5	Mesurande.....	21
5.16.6	Normes pertinentes.....	21
5.17	Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FT-IR) et imagerie FT-IR.....	22
5.17.1	Description.....	22
5.17.2	Paramètres des nano-objets	22
5.17.3	Avantages	22
5.17.4	Limitations	22
5.17.5	Mesurande.....	22
5.17.6	Normes pertinentes aux méthodes FT-IR.....	23
5.18	Méthode du réseau induit (IG)	23
5.18.1	Description.....	23
5.18.2	Paramètres des nano-objets	23
5.18.3	Avantages	23
5.18.4	Limitations	23
5.18.5	Mesurande.....	23
5.18.6	Normes pertinentes.....	23
5.19	Spectroscopie de masse à plasma induit (ICP-MS) et spectrométrie de masse à plasma induit en mode particule unique (SP-ICP-MS)	24
5.19.1	Description.....	24
5.19.2	Paramètres des nano-objets	24
5.19.3	Avantages	24
5.19.4	Limitations	24
5.19.5	Mesurande.....	25
5.19.6	Normes pertinentes.....	25
5.19.7	Méthodes ICP/MS nano-couplées.....	25
5.20	Diffraction laser.....	26
5.20.1	Description.....	26
5.20.2	Paramètres des nano-objets	26
5.20.3	Avantages	26
5.20.4	Limitations	26
5.20.5	Mesurande.....	26
5.20.6	Normes pertinentes.....	26
5.21	Chromatographie en phase liquide – spectrométrie de masse (LC-MS)	27
5.21.1	Description.....	27
5.21.2	Paramètres des nano-objets	27
5.21.3	Avantages	27
5.21.4	Limitations	27
5.21.5	Mesurande.....	27
5.21.6	Normes pertinentes.....	27
5.22	Méthode d'analyse de suivi de particule (PTA)	28
5.22.1	Description.....	28
5.22.2	Paramètres des nano-objets	28
5.22.3	Avantages	28
5.22.4	Limitations	28
5.22.5	Mesurande.....	29
5.22.6	Normes pertinentes.....	29
5.23	Spectroscopie d'absorption optique (UV/Vis/NIR).....	29
5.23.1	Description.....	29
5.23.2	Paramètres des nano-objets	29
5.23.3	Avantages	29
5.23.4	Limitations	30
5.23.5	Mesurande.....	30
5.23.6	Normes pertinentes.....	30
5.24	Microbalance à cristal de quartz (QCM).....	30

5.24.1	Description.....	30
5.24.2	Paramètres des nano-objets	30
5.24.3	Avantages	30
5.24.4	Limitations.....	31
5.24.5	Mesurande.....	31
5.24.6	Normes pertinentes	31
5.25	Spectroscopie Raman/Imagerie Raman	31
5.25.1	Description.....	31
5.25.2	Paramètres des nano-objets	31
5.25.3	Avantages	31
5.25.4	Limitations.....	32
5.25.5	Mesurande.....	32
5.25.6	Normes pertinentes pour les techniques Raman	32
5.26	Mesure de masse résonante (RMM).....	32
5.26.1	Description.....	32
5.26.2	Paramètres des nano-objets	32
5.26.3	Avantages	32
5.26.4	Limitations.....	33
5.26.5	Mesurande.....	33
5.26.6	Normes pertinentes	33
5.27	Microscopie électronique à balayage (MEB).....	33
5.27.1	Description.....	33
5.27.2	Paramètres des nano-objets	33
5.27.3	Avantages	33
5.27.4	Limitations.....	34
5.27.5	Mesurande.....	35
5.27.6	Normes pertinentes	35
5.28	Microscopie par sonde à balayage (SPM)	35
5.28.1	Description.....	35
5.28.2	Paramètres des nano-objets	36
5.28.3	Avantages	36
5.28.4	Limitations.....	36
5.28.5	Mesurande(s).....	37
5.28.6	Normes pertinentes	37
5.29	Spectrométrie de masse des ions secondaires (SMIS) et SMIS en temps de vol (TOF-SIMS)	37
5.29.1	Description.....	37
5.29.2	Paramètres des nano-objets	37
5.29.3	Avantages	37
5.29.4	Limitations.....	38
5.29.5	Mesurande.....	38
5.29.6	Normes pertinentes	38
5.30	Diffusion des rayons X aux petits angles (SAXS).....	38
5.30.1	Description.....	38
5.30.2	Paramètres des nano-objets	39
5.30.3	Avantages	39
5.30.4	Limitations.....	39
5.30.5	Mesurande.....	39
5.30.6	Normes pertinentes	40
5.31	Diffusion statique de la lumière (SLS) et diffusion statique multiple de la lumière (SMLS)	40
5.31.1	Description.....	40
5.31.2	Paramètres des nano-objets	40
5.31.3	Avantages	41
5.31.4	Limitations.....	41
5.31.5	Mesurandes (SLS).....	41
5.31.6	Mesurandes (SMLS)	41
5.31.7	Normes pertinentes	42

5.32	Méthodes d'interaction lumineuse de particules uniques	42
5.32.1	Description	42
5.32.2	Paramètres des nano-objets	42
5.32.3	Avantages	42
5.32.4	Limitations	42
5.32.5	Mesurande	42
5.32.6	Normes pertinentes	43
5.33	Analyse thermogravimétrique (TGA)	43
5.33.1	Description	43
5.33.2	Paramètres des nano-objets	43
5.33.3	Avantages	43
5.33.4	Limitations	43
5.33.5	Mesurande	43
5.33.6	Normes pertinentes	43
5.33.7	Techniques TGA couplées	43
5.34	Microscopie électronique à transmission (MET)	44
5.34.1	Description	44
5.34.2	Paramètres des nano-objets	44
5.34.3	Avantages	44
5.34.4	Limitations	44
5.34.5	Mesurande	45
5.34.6	Normes pertinentes	45
5.35	Diffraction des rayons X (XRD)	45
5.35.1	Description	45
5.35.2	Paramètres des nano-objets	45
5.35.3	Avantages	45
5.35.4	Limitations	46
5.35.5	Mesurande	46
5.35.6	Normes pertinentes	46
5.36	Spectroscopie de photoélectrons X (XPS)	46
5.36.1	Description	46
5.36.2	Paramètres des nano-objets	46
5.36.3	Avantages	46
5.36.4	Limitations	46
5.36.5	Mesurande	47
5.36.6	Normes pertinentes	47
Annexe A (informative) Séparation/préparation de l'échantillon		48
Bibliographie		51

Avant-propos

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

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est 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. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la 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.html

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 229, *Nanotechnologies*.

Introduction

Le présent document relie les paramètres les plus couramment mesurés des nano-objets aux méthodes de mesure correspondantes. Ce document constituera un outil utile dont les parties intéressées pourront se servir pour identifier rapidement les informations pertinentes pour la mesure des nano-objets. Les paramètres courants des nano-objets sont énumérés dans la ligne supérieure de la matrice de consultation rapide (Quick-Use-Matrix) (voir [Tableau 1](#)). Si une méthode de mesure mentionnée dans la première colonne de la matrice est applicable, un signe «+» doit être inscrit dans la case correspondante de la matrice. Dès lors qu'une méthode de mesure présentant un intérêt est identifiée, il est recommandé que l'utilisateur renseigne le document (voir [Article 5](#)) aux endroits où se trouvent une liste alphabétique des méthodes de mesure ainsi que les avantages, les limitations, les normes pertinentes, le(s) mesurande(s) et les paramètres de nano-objets applicables pour chaque méthode de mesure.

Selon les avancées techniques et la disponibilité dans le commerce de méthodes supplémentaires, le présent document sera régulièrement revu et mis à jour afin d'en garantir la pertinence.

Plusieurs des méthodes énumérées dans le présent document n'ont pas été validées par des essais interlaboratoires ou par d'autres moyens de mesure des nano-objets. Le présent document est destiné à servir de point de départ et de ressource pour aider à identifier des méthodes potentiellement utiles et pertinentes; il n'a pas pour vocation d'être un recueil exhaustif et majeur. Dès lors qu'une méthode a été identifiée, il est recommandé que l'utilisateur du présent document se réfère à des normes internationales et procède à des recherches dans des ouvrages de référence pour des applications similaires ou comparables. Les notices d'utilisation et la documentation technique des fabricants d'instruments constituent d'autres sources d'informations.

Sample Document

get full document from standards.iteh.ai

Sample Document

get full document from standards.iteh.ai

Nanotechnologies — Matrice de méthodes de mesure pour les nano-objets manufacturés

1 Domaine d'application

Le présent document fournit une matrice destinée à guider les utilisateurs pour le choix des méthodes disponibles dans le commerce, pertinentes pour les mesures des paramètres physico-chimiques courants des nano-objets. Certaines méthodes sont également applicables aux matériaux nanostructurés.

NOTE Des lignes directrices sur la séparation et la préparation des échantillons sont données à l'[Annexe A](#).

2 Références normatives

Le présent document ne contient aucune référence normative.

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO/TS 80004-1, l'ISO/TS 80004-6 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:

- IEC Electropedia: <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: <http://www.iso.org/obp>

3.1 Termes généraux

3.1.1

dispersion

système hétérogène dans lequel une matière finement divisée est répartie dans une autre matière

[SOURCE: ISO 472:2013, 2.288]

3.1.2

mesurande

grandeur que l'on veut mesurer

[SOURCE: ISO/IEC GUIDE 99:2007, 2.3]

3.1.3

nano-objet

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

Note 1 à l'article: Les deuxième et troisième dimensions externes sont orthogonales à la première dimension et l'une par rapport à l'autre.

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

3.1.4

matériau nanostructuré

matériau ayant une structure interne ou de surface à l'échelle nanométrique

Note 1 à l'article: Si une ou plusieurs dimensions externes sont à l'échelle nanométrique, il est recommandé d'utiliser le terme *nano-objet* (3.1.3).

[SOURCE: ISO/TS 80004-4:2011, 2.11]

3.2 Paramètres des nano-objets

3.2.1

composition chimique

identité et quantification possible des parties composites d'un matériau et de ses impuretés

3.2.2

concentration

teneur en nano-objets d'un échantillon, quantifié sous forme de nombre, de surface, de volume ou de teneur massique

Note 1 à l'article: Le calcul de conversion d'un type de grandeur en un autre (par exemple, nombre en volume) exige que l'on connaisse la distribution granulométrique complète et que l'on suppose que la forme, la porosité ou la densité soit indépendante de la taille[6].

3.2.3

propriété cristalline

effet dû à la présence d'une structure caractérisée par une organisation tridimensionnelle à l'échelle moléculaire

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

3.2.4

potentiel électrocinétique

différence de potentiel électrique entre le potentiel du plan de glissement et celui du liquide massif

Note 1 à l'article: Voir la Référence [7].

Note 2 à l'article: Le potentiel électrocinétique est exprimé en volts.

Note 3 à l'article: Souvent appelé «potentiel zêta».

3.2.5

forme

forme géométrique externe d'une particule

Note 1 à l'article: Voir la Référence [8].

Note 2 à l'article: Pour une description quantitative par descripteurs de macroforme, de mésoforme ou de microforme, voir la Référence [9].

3.2.6

taille

dimensions linéaires d'une particule déterminées par une méthode de mesure spécifiée dans des conditions de mesure déterminées

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

Note 2 à l'article: Des méthodes d'analyse différentes reposent sur le mesurage de propriétés physiques différentes. Indépendamment de la propriété de la particule réellement mesurée, la taille de la particule est consignée comme une dimension linéaire, par exemple le diamètre équivalent d'une sphère.

Note 3 à l'article: Les exemples de descripteurs de tailles comprennent ceux basés sur l'ouverture de maille d'un tamis ou sur un diamètre statistique, par exemple le diamètre de Feret, mesuré par analyse d'image.

Note 4 à l'article: L'ISO 9276-1 fait usage du symbole x pour désigner la taille des particules. Il est toutefois reconnu que le symbole d est également largement répandu pour désigner ces valeurs. Par conséquent, le symbole x peut être remplacé par le symbole d .

3.2.7

distribution granulométrique

distribution cumulée des concentrations de particules en fonction de leur taille

[SOURCE: ISO 14644-1:2015, 3.2.4]

Note 1 à l'article: Dans la mesure où la distribution granulométrique est de nature statistique, elle peut être exprimée comme une fonction de la taille des particules[11].

Note 2 à l'article: Le type de grandeur (nombre, surface, volume ou masse) ainsi que le mesurande, à savoir le diamètre équivalent mesuré d'une sphère, doivent être indiqués.

Note 3 à l'article: La distribution granulométrique peut être exprimée comme une distribution cumulée ou une densité de distribution (distribution de la fraction de matériau dans une classe de tailles de particules, divisée par la largeur de la classe en question).

3.2.8

aire de surface

étendue d'une aire de surface disponible telle que déterminée par une méthode donnée sous certaines conditions

Note 1 à l'article: Voir la Référence [12].

Note 2 à l'article: L'aire de surface est la quantité de surface accessible d'un échantillon exposé à une phase gazeuse ou liquide d'adsorbat. Par convention, l'aire de surface est exprimée sous forme d'aire de surface massique ou d'aire de surface volumique où l'aire totale est rapportée à la masse ou au volume de l'échantillon[13].

4 Paramètres inclus dans la matrice

Plusieurs recherches documentaires exhaustives réalisées par des experts de l'ISO/TC 229 et une revue des travaux en cours de l'ISO ont permis d'identifier des paramètres de nano-objets souvent recherchés, qui figurent dans la ligne supérieure de la matrice de consultation rapide (voir [Tableau 1](#)). Les paramètres sont énumérés de gauche à droite, par ordre alphabétique. Il arrive souvent qu'une méthode ne puisse pas, à elle seule, fournir des informations suffisantes sur tous les paramètres d'intérêt pour un nano-objet étudié ou qu'une seule méthode soit à même de recueillir toutes les informations pertinentes relatives à un seul paramètre. Par conséquent, lorsque plusieurs méthodes sont disponibles, il convient d'en utiliser plus d'une pour toute recherche relative à un paramètre.

Tableau 1 — Matrice de consultation rapide (Quick-Use-Matrix)[4]

Méthode									
	Acro- nyme	Compo- sition chimique	Concen- tration	Pro- priétés cristal- lines	Poten- tiel électro- ciné- tique	Forme	Taille	Distri- bution granu- lomé- trique	Aire de sur- face
Spectroscopie acoustique			+				+	+	
Centrifugation ana- lytique	AC							+	
Analyseur de masse des particules d'aérosol	AMS		+				+		
a Nécessite un capteur spécial ou des instruments supplémentaires pour obtenir le paramètre souhaité.									
b Technique de diffusion de lumière.									

Tableau 1 (suite)

Méthode									
	Acro- nyme	Compo- sition chimique	Concen- tration	Pro- priétés cristal- lines	Poten- tiel élec- tro- ciné- tique	Forme	Taille	Distri- bution granu- lomé- trique	Aire de sur- face
Spectroscopie d'électrons Auger (balayage)	AES	+	+			+	+		
Brunauer-Emmett-Teller	BET								+
Compteur de particules à condensation	CPC		+						
Système d'analyse différentielle de mobilité ^a	DMAS		+				+	+	
Analyse calorimétrique différentielle	DSC	+							
Diffusion dynamique de la lumière	DLS						+	+	
Spectroscopie électroacoustique					+				
Spectroscopie de perte d'énergie électronique ^a	EELS	+							
Électrophorèse/ électrophorèse capillaire					+				
Spectrométrie de rayons X à dispersion d'énergie ^a	EDX/ EDS/ WDS	+							
Fractionnement par couplage flux-force ^a	FFF	+	+				+	+	
Spectroscopie à fluorescence	FL		+						
Spectroscopie/ imagerie infrarouge à transformée de Fourier	FTIR	+							
Méthode du réseau induit	IG						+	+	
Spectrométrie de masse à plasma induit et ICP-MS en particule unique	ICP-MS	+	+				+	+	
Diffraction laser ^b							+	+	
Chromatographie en phase liquide – spectrométrie de masse	LC-MS	+	+						
Méthode d'analyse de suivi de particule	PTA				+		+	+	
^a Nécessite un capteur spécial ou des instruments supplémentaires pour obtenir le paramètre souhaité.									
^b Technique de diffusion de lumière.									

Tableau 1 (suite)

Méthode									
	Acro- nyme	Compo- sition chimique	Concen- tration	Pro- priétés cristal- lines	Poten- tiel électro- ciné- tique	Forme	Taille	Distri- bution granu- lomé- trique	Aire de sur- face
Spectroscopie d'absorption optique	UV/Vis/ NIR	+	+				+		
Microbalances à cristal de quartz	QCM						+		
Spectroscopie/ ima- gerie Raman		+		+					
Mesure de masse résonante	RMM						+	+	
Microscopie électro- nique à balayage ^a	MEB	+		+		+	+	+	
Microscopie par sonde à balayage	SPM/AFM					+	+	+	
Spectrométrie de masse des ions secondaires	SIMS		+						
Diffusion des rayons X aux petits angles	SAXS					+	+	+	
Diffusion statique de la lumière ^b	SLS/SMLS		+				+		
Méthodes d'interac- tion lumineuse de particules uniques ^b			+				+	+	
Analyse thermogra- vimétrique	TGA	+							
Microscopie électro- nique à transmission	MET	+		+		+	+	+	
Diffraction des rayons X	XRD			+			+		
Spectroscopie de photoélectrons X	XPS	+	+						
^a Nécessite un capteur spécial ou des instruments supplémentaires pour obtenir le paramètre souhaité.									
^b Technique de diffusion de lumière.									

5 Méthodes de mesure incluses dans la matrice

5.1 Généralités

Dans les paragraphes qui suivent, les méthodes de mesure sont énumérées par ordre alphabétique (avec quelques exceptions lorsque des techniques similaires sont regroupées). Chaque paragraphe consacré à une méthode spécifie les paramètres de nano-objets pouvant être mesurés par la méthode en question ainsi qu'une présentation de ses avantages, limitations, mesurandes et normes pertinentes. En règle générale, une seule méthode ne peut pas assurer la caractérisation de tous les paramètres d'intérêt des nano-objets. Ainsi, il est possible qu'une méthode puisse être utilisée pour déterminer d'autres paramètres non énumérés. Pour l'analyse exhaustive d'un seul paramètre, il est fortement recommandé d'utiliser, le cas échéant, plusieurs méthodes.