
Nanotechnologies — Vocabulaire —
Partie 8:
Processus de nanofabrication

Nanotechnologies — Vocabulary —
Part 8: Nanomanufacturing processes

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TS 80004-8:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/99bd01a4-8cec-4fc9-b96c-98fea278a367/iso-ts-80004-8-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/99bd01a4-8cec-4fc9-b96c-98fea278a367/iso-ts-80004-8-2013>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/TS 80004-8:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/99bd01a4-8cec-4fc9-b96c-98fea278a367/iso-ts-80004-8-2013>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2013

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
Web www.iso.org

Version française parue en 2014

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction.....	vi
1 Domaine d'application	1
2 Termes et définitions provenant d'autres parties de l'ISO/TS 80004	1
3 Termes généraux	3
4 Assemblage dirigé	4
5 Processus d'auto-assemblage	5
6 Synthèse	6
6.1 Processus en phase gazeuse — Méthodes physiques.....	6
6.2 Processus en phase gazeuse — Méthodes chimiques.....	7
6.3 Processus en phase liquide — Méthodes physiques.....	7
6.4 Processus en phase liquide — Méthodes chimiques.....	8
6.5 Processus en phase solide — Méthodes physiques.....	9
6.6 Processus en phase solide — Méthodes chimiques.....	11
7 Fabrication	11
7.1 Lithographie de formation de nanomotifs.....	11
7.2 Processus de dépôt.....	14
7.3 Processus de gravure.....	17
7.4 Impression et revêtement.....	19
Annexe A (informative) Identification des résultats obtenus à partir de processus de synthèse définis	21
Annexe B (informative) Index	25
Bibliographie	31

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) 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/CEI, 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/CEI, Partie 2. 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 sur la liste ISO des déclarations de brevets reçues. www.iso.org/patents

Les éventuelles appellations commerciales utilisées dans le présent document sont données pour information à l'intention des utilisateurs et ne constituent pas une approbation ou une recommandation.

Pour plus d'explications sur la signification des termes et expressions spécifiques employés par l'ISO pour l'évaluation de la conformité, et pour plus d'informations au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'OMC relatifs aux obstacles techniques au commerce (OTC), voir l'URL suivante: Avant-propos — Informations supplémentaires <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/99bd01a4-8ccc-4fc9-b96c-98fa278a367/iso-ts-80004-8-2013>

L'ISO/TS 80004-8 a été élaborée conjointement par le comité technique ISO/TC 229, *Nanotechnologies*, et le comité technique CEI/TC 113, *Normalisation dans le domaine des nanotechnologies relatives aux appareils et systèmes électriques et électroniques*.

Les documents dont les numéros de référence sont compris entre 80000 et 89999 sont développés en collaboration par l'ISO et la CEI.

L'ISO/TS 80004 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Nanotechnologies — Vocabulaire*:

- *Partie 1: Termes «cœur»*
- *Partie 3: Nano-objets en carbone*
- *Partie 4: Matériaux nanostructurés*
- *Partie 5: Interface nano/bio*
- *Partie 6: Caractérisation des nano-objets*
- *Partie 7: Diagnostics et thérapies pour les soins de santé*
- *Partie 8: Processus de nanofabrication*

Les parties suivantes sont en cours d'élaboration:

- *Partie 2: Nano-objets: Nanoparticule, nanofibre et nanoplaque¹⁾*
- *Partie 9: Produits et systèmes électrotechniques permis par les nanotechnologies*

1) Révise et remplace l'ISO/TS 27687^[5].

- *Partie 10: Produits et systèmes photoniques permis par les nanotechnologies*
- *Partie 11: Nanocouche, nanorevêtement, nanofilm et termes associés*
- *Partie 12: Effets quantiques dans les nanotechnologies*

Le graphène et d'autres matériaux bidimensionnels formeront l'objet d'une future partie 13.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TS 80004-8:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/99bd01a4-8cec-4fc9-b96c-98fea278a367/iso-ts-80004-8-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/99bd01a4-8cec-4fc9-b96c-98fea278a367/iso-ts-80004-8-2013>

Introduction

La nanofabrication constitue le pont essentiel entre les découvertes du domaine des nanosciences et les produits du monde réel issus des nanotechnologies.

Le passage des nanotechnologies du laboratoire à la production de masse exige, à terme, une étude approfondie des questions liées aux procédés de fabrication, y compris la conception, la fiabilité et la qualité des produits, la conception et la maîtrise des procédés, les opérations en atelier, la gestion de la chaîne d'approvisionnement, les pratiques de sécurité et de santé sur le lieu de travail durant la production, l'utilisation et la manipulation de nanomatériaux. La nanofabrication englobe des techniques d'assemblage et d'auto-assemblage dirigé, des méthodologies de synthèse et des procédés de fabrication tels que la lithographie et des processus biologiques. La nanofabrication comprend également l'assemblage dirigé par approche ascendante («bottom-up»), le traitement à haute résolution par approche descendante («top-down»), l'ingénierie des systèmes moléculaires et l'intégration hiérarchique avec des systèmes à plus grande échelle. Au fur et à mesure que les échelles dimensionnelles des matériaux et des systèmes moléculaires se rapprochent de l'échelle nanométrique, les règles conventionnelles régissant leur comportement peuvent varier considérablement. À ce titre, le comportement d'un produit final est directement lié à la performance collective de ses constituants de base à l'échelle nanométrique.

Les termes propres aux procédés biologiques ne sont pas inclus dans cette première édition du vocabulaire de la nanofabrication mais, compte tenu de l'évolution rapide dans ce domaine, il est prévu que les termes propres à cet important domaine soient ajoutés lors d'une mise à jour ultérieure de la présente Spécification technique ou dans des documents accompagnant la série de normes 80004. Ces documents pourraient inclure à la fois le traitement des nanomatériaux biologiques et l'utilisation de procédés biologiques pour la fabrication de matériaux à l'échelle nanométrique.

De la même manière, des termes supplémentaires issus d'autres domaines de nanofabrication en développement, y compris la fabrication de composites, la fabrication «roll-to-roll» et autres techniques, seront inclus dans de futurs documents.

Une distinction doit être faite entre les termes «nanofabrication» et «nanoconstruction». Le «nanofabrication» englobe un éventail de procédés plus vaste que celui de la «nanoconstruction». Le «nanofabrication» englobe toutes les techniques de «nanofabrication», ainsi que les techniques associées au traitement des matériaux et à la synthèse chimique.

Le présent document se veut une introduction aux processus utilisés pour les premières étapes de la chaîne de valeur de la nanofabrication, c'est-à-dire la synthèse, la production ou le contrôle intentionnels de nanomatériaux, y compris les étapes de fabrication à l'échelle nanométrique. Les nanomatériaux issus de ces processus de fabrication sont commercialisés lorsqu'ils peuvent, par exemple, faire l'objet d'une purification supplémentaire, être rendus compatibles pour une dispersion dans des mélanges ou des matrices composites, ou servir de composants intégrés dans des systèmes et des appareils. En réalité, la chaîne de valeur de la nanofabrication est un ensemble important et diversifié de chaînes de valeur commerciales qui couvrent les secteurs suivants:

- l'industrie des semi-conducteurs (où la pression exercée pour créer des microprocesseurs plus petits, plus rapides et plus performants a conduit à la création de circuits inférieurs à 100 nm);
- l'électronique et les télécommunications;
- l'aérospatiale, la défense et la sécurité nationale;
- l'énergie et l'industrie automobile;
- l'industrie plastique et l'industrie céramique;
- les produits forestiers et papiers;
- l'alimentation et l'emballage alimentaire;
- l'industrie pharmaceutique, la biomédecine et les biotechnologies;

- la dépollution de l'environnement;
- l'habillement et les soins de santé.

Sur le marché, des milliers de tonnes de nanomatériaux font l'objet d'applications finales dans plusieurs secteurs en question, tels que le noir de carbone et la fumée de silice. Les nanomatériaux qui sont conçus de manière rationnelle dans un but spécifique sont censés bouleverser le paysage de secteurs tels que les biotechnologies, l'assainissement de l'eau et le développement énergétique.

La plupart des parties du présent document sont organisées par type de processus. Dans le cas de l'Article 6, la logique de classement est la suivante: avant la fabrication de la particule, le matériau lui-même est en phase gazeuse/liquide/solide. La phase du substrat ou porteur dans le processus ne détermine pas la catégorisation du processus. Par exemple, des particules de fer sont des catalyseurs pour un processus dans lequel de l'huile estensemencée par des particules de fer, l'huile se vaporise puis se condense, formant des particules de carbone sur les particules de fer. Dans la mesure où l'huile est l'élément qui se vaporise, il s'agit d'un processus en phase gazeuse. Du fait que les nanotubes sont synthétisés en phase gazeuse, en présence de particules de catalyseur réagissant avec la phase gazeuse pour produire les nanotubes, ce processus est caractérisé comme étant un processus en phase gazeuse. L'Annexe A fournit des indications permettant d'établir si des processus de synthèse sont utilisés ou non pour fabriquer des nano-objets, des nanoparticules ou les deux.

Une compréhension commune de la terminologie utilisée dans des applications pratiques permettra aux entités concernées d'employer des méthodes communes dans la nanofabrication et permettra de renforcer le développement de la nanofabrication à travers le monde. Une généralisation de la compréhension des termes au sein de l'infrastructure de fabrication existante assurera la transition entre les innovations dans les laboratoires de recherche et la viabilité économique des nanotechnologies.

En ce qui concerne les termes informatifs venant à l'appui de la terminologie relative à la nanofabrication, voir la Référence.^[1]

ISO/TS 80004-8:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/99bd01a4-8cec-4fc9-b96c-98fea278a367/iso-ts-80004-8-2013>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/TS 80004-8:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/99bd01a4-8cec-4fc9-b96c-98fea278a367/iso-ts-80004-8-2013>

Nanotechnologies — Vocabulaire —

Partie 8: Processus de nanofabrication

1 Domaine d'application

La présente Spécification technique donne les termes et définitions concernant les processus de nanofabrication dans le domaine des nanotechnologies. Elle ne constitue qu'une partie d'une documentation de terminologie et de définitions, en plusieurs parties, couvrant les différents aspects des nanotechnologies.

Dans le présent document, tous les termes liés aux processus se rapportent à la nanofabrication. Parmi les processus mentionnés, bon nombre d'entre eux ne se rapportent pas exclusivement à l'échelle nanométrique. Selon que les conditions sont maîtrisables ou non, de tels processus peuvent donner lieu à des matériaux à l'échelle nanométrique ou à de plus grandes échelles.

Il existe de nombreux autres termes qui désignent des outils, des composants, des matériaux, des méthodes de contrôle de systèmes ou des méthodes métrologiques associées à la nanofabrication mais qui ne relèvent pas du domaine d'application du présent document.

2 Termes et définitions provenant d'autres parties de l'ISO/TS 80004

Les termes et définitions dans le présent article sont donnés dans d'autres parties de l'ISO/TS 80004. Ces termes et définitions sont repris ici pour fournir un contexte et pour faciliter la compréhension.

2.1

nanotube de carbone

CNT

nanotube (2.9) composé de carbone

Note 1 à l'article: Les nanotubes de carbone sont, en général, constitués de couches de graphène enroulées sur elles-mêmes, et comprennent des nanotubes de carbone simple paroi et des nanotubes de carbone multi-parois.

[SOURCE: ISO/TS 80004-3:2010, 4.3.]

2.2

nanocomposite

solide composé d'un mélange de deux ou plusieurs matériaux de phases distinctes, dont une ou plusieurs sont des nanophases

Note 1 à l'article: Les nanophases gazeuses sont exclues (elles sont traitées dans la catégorie des matériaux nanoporeux).

Note 2 à l'article: Les matériaux composés de phases à l'échelle nanométrique (2.7) formées uniquement par précipitation ne sont pas considérés comme des nanocomposites.

[SOURCE: ISO/TS 80004-4:2011, 3.2.]

2.3

nanofibre

nano-objet dont deux dimensions externes similaires sont à l'échelle nanométrique (2.7) et dont la troisième dimension est significativement plus grande

Note 1 à l'article: Une nanofibre peut être flexible ou rigide.

ISO/TS 80004-8:2013(F)

Note 2 à l'article: On considère que les deux dimensions externes similaires ont une différence de taille plus petite qu'un facteur trois et on considère que la dimension externe significativement plus grande diffère des deux autres d'un facteur supérieur à trois.

Note 3 à l'article: La dimension externe la plus grande n'est pas nécessairement à l'échelle nanométrique (2.7).

[SOURCE: ISO/TS 27687:2008, 4.3, modifiée.]

2.4

nanomatériau

matériau ayant une dimension extérieure à l'échelle nanométrique (2.7) ou ayant une structure interne ou une structure de surface à l'échelle nanométrique

Note 1 à l'article: Ce terme générique englobe les *nano-objets* (2.5) et les *matériaux nanostructurés* (2.8).

Note 2 à l'article: Voir également nanomatériau d'ingénierie, nanomatériau manufacturé et nanomatériau «incidentel».

[SOURCE: ISO/TS 80004-1:2010, 2.4, modifiée.]

2.5

nano-objet

matériau dont une, deux ou les trois dimensions externes sont à l'échelle nanométrique (2.7)

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

[SOURCE: ISO/TS 80004-1:2010, 2.5, modifiée.]

2.6

nanoparticule

nano-objet (2.5) dont les trois dimensions externes sont à l'échelle nanométrique (2.7)

Note 1 à l'article: Si les longueurs du plus grand et du plus petit axe du *nano-objet* (2.5) diffèrent de manière significative (typiquement d'un facteur supérieur à trois), les termes *nanofibre* (2.3) ou *nanofeuillet* seront utilisés à la place du terme nanoparticule.

[SOURCE: ISO/TS 27687:2008, 4.1, modifiée.]

2.7

échelle nanométrique

échelle de longueur 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 typiquement, 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, une limite inférieure (approximativement 1 nm) a été introduite pour éviter que des atomes individuels ou de petits groupes d'atomes soient considérés comme des *nano-objets* (2.5) ou des éléments de nanostructures, ce qui aurait pu être le cas en l'absence d'une telle limite.

[SOURCE: ISO/TS 80004-1:2010, 2.1, modifiée.]

2.8

matériau nanostructuré

matériau ayant une structure interne ou de surface à l'échelle nanométrique (2.7)

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* (2.5).

Note 2 à l'article: Adapté de l'ISO/TS 80004-1:2010, définition 2.7.

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

2.9**nanotube**

nanofibre (2.3) creuse

[SOURCE: ISO/TS 27687:2008, 4.4]

3 Termes généraux**3.1****nanofabrication par voie ascendante****nanofabrication «bottom-up»**

processus qui utilisent de petites unités fondamentales à l'échelle *nanométrique* (2.7) afin de créer des structures ou assemblages de plus grande taille riches en fonctionnalités

3.2**codépôt**

dépôt simultané de deux matériaux sources ou plus

Note 1 à l'article: Les méthodes courantes incluent le dépôt sous vide, le dépôt par projection thermique, le dépôt électrolytique et le dépôt par sédimentation.

3.3**comminution**

concassage ou broyage afin de réduire la taille des particules

3.4**assemblage dirigé**

<nanotechnologies> formation d'une structure guidée par une intervention extérieure à l'aide de composants à l'échelle *nanométrique* (2.7) qui peuvent, en principe, avoir n'importe quel motif défini

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/99bd01a4-8cec-4fc9-b96c-98fea278a367/iso-ts-80004-8-2013>

3.5**auto-assemblage dirigé**

auto-assemblage (3.11) influencé par une intervention extérieure afin de produire une structure, une orientation ou un motif préférentiel(le)

Note 1 à l'article: Une intervention extérieure peut être, par exemple, un champ appliqué, une matrice chimique ou structurelle, un gradient chimique ou un débit fluïdique.

3.6**lithographie**

reproduction d'un motif

Note 1 à l'article: Le motif peut être formé dans un matériau radiosensible ou par le déplacement de matériau sur un substrat par transfert, par impression ou par écriture directe.

3.7**dépôt multicouches**

dépôt alterné de deux matériaux sources ou plus afin de produire une structure composite en couches

3.8**nanoconstruction**

ensemble des activités visant à fabriquer intentionnellement des dispositifs à l'échelle *nanométrique* (2.7) à des fins commerciales

3.9**nanofabrication**

synthèse, production ou contrôle intentionnel(le) de nanomatériaux, ou étapes de fabrication à l'échelle *nanométrique* (2.7), à des fins commerciales

[SOURCE: ISO/TS 80004-1:2010, définition 2.11, modifiée.]

3.10

processus de nanofabrication

ensemble des activités visant à synthétiser, générer ou contrôler intentionnellement des *nanomatériaux* (2.4), ou étapes de fabrication à l'échelle *nanométrique* (2.7), à des fins commerciales

[SOURCE: ISO/TS 80004-1:2010, 2.12, modifiée.]

3.11

auto-assemblage

action autonome par laquelle des composants s'organisent eux-mêmes sous forme de motifs ou de structures

3.12

fonctionnalisation de surface

processus chimique qui agit sur une surface afin de lui attribuer une fonctionnalité chimique ou physique choisie

3.13

nanofabrication par voie descendante

nanofabrication «top-down»

processus qui permettent de créer des structures à l'échelle *nanométrique* (2.7) à partir d'objets macroscopiques

4 Assemblage dirigé

4.1

assemblage par guidage électrostatique

<nanotechnologies> utilisation d'une force électrostatique afin d'orienter ou introduire des éléments à l'échelle *nanométrique* (2.7) dans un dispositif ou un matériau

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/99bd01a4-8cec-4fc9-b96c-98fea278a367/iso-ts-80004-8-2013>

4.2

alignement fluïdique

<nanotechnologies> utilisation de l'écoulement d'un fluide afin d'orienter des éléments à l'échelle *nanométrique* (2.7) dans un dispositif ou un matériau

4.3

assemblage hiérarchique

<nanotechnologies> utilisation de plusieurs types de processus de *nanofabrication* (3.9) afin de contrôler la structure à différentes échelles de longueur

4.4

assemblage par guidage magnétique

<nanotechnologies> utilisation d'une force magnétique pour créer un assemblage à l'échelle *nanométrique* (2.7) selon un motif ou une configuration souhaité(e)

4.5

assemblage par forme

<nanotechnologies> utilisation des formes géométriques de *nanoparticules* (2.6) afin d'obtenir un motif ou une configuration souhaité(e)

4.6

assemblage supramoléculaire

utilisation d'une liaison chimique non covalente afin d'assembler des molécules ou des *nanoparticules* (2.6) avec des ligands de surface

4.7

transfert entre surfaces

<nanotechnologies> transfert de *nanoparticules* (2.6) ou de structures depuis la surface d'un substrat, sur lequel elles ont été déposées, synthétisées ou assemblées, vers un autre substrat

5 Processus d'auto-assemblage

5.1

crystallisation colloïdale

<nanotechnologies> sédimentation de *nanoparticules* (2.6) à partir d'une solution pour former un solide constitué d'un réseau compact et ordonné de motifs répétés

5.2

grapho-épitaxie

<nanotechnologies> *auto-assemblage dirigé* (3.5) utilisant des caractéristiques topographiques à l'échelle *nanométrique* (2.7)

Note 1 à l'article: Ce processus inclut la croissance d'une couche mince sur la surface et la croissance d'une couche supplémentaire au-dessus d'un substrat qui possède une structure identique à ou différente de celle du cristal sous-jacent.

5.3

reconstruction de surface par faisceau d'ions

<nanotechnologies> utilisation d'un faisceau d'ions accélérés afin de provoquer une modification de surface qui peut être à l'échelle *nanométrique* (2.7)

5.4

formation d'un film de Langmuir-Blodgett

création d'une monocouche moléculaire au niveau d'une interface air-liquide en utilisant une cuve de Langmuir-Blodgett

5.5

transfert d'un film de Langmuir-Blodgett

transfert d'une monocouche moléculaire de Langmuir-Blodgett formée au niveau d'une interface air-liquide vers une surface solide en plongeant un substrat solide dans le liquide support

5.6

dépôt couche par couche dépôt LBL

processus électrostatique qui consiste à déposer, l'un au-dessus de l'autre, des polyélectrolytes de charges opposées

5.7

méthode impliquant des réactifs élémentaires modulés

utilisation de précurseurs déposés en phase vapeur avec des régions de composition contrôlée, en tant que matrice pour former des couches imbriquées de deux structures ou plus

5.8

formation d'une monocouche auto-assemblée formation d'une SAM

formation spontanée d'une couche moléculaire organisée sur une surface solide à partir d'une solution ou de la phase vapeur, guidée par une liaison molécule-surface et une interaction intermoléculaire faible

5.9

croissance de Stranski-Krastanov

mode de croissance de film mince dans lequel interviennent des mécanismes de formation de couches et d'îlots

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

ISO/TS 80004-8:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/99bd01a4-8cec-4fc9-b96c-98fea278a367/iso-ts-80004-8-2013>