

---

---

**Nanotechnologies — Vocabulaire —  
Partie 8:  
Processus de nanofabrication**

*Nanotechnologies — Vocabulary —  
Part 8: Nanomanufacturing processes*

**ITeH STANDARD PREVIEW**  
(standards.iteh.ai)  
Full standard:  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5708186-3ef0-4e5f-aa70-2227e3201bb/iso-prf-ts-80004-8>

Il est demandé aux comités membres de consulter les intérêts nationaux respectifs concernant l'IEC/TC 113 avant de donner leur position sur la plateforme de e-Balloting.

**PROOF / ÉPREUVE**

---

---



**ITeH STANDARD PREVIEW**  
(standards.iteh.ai)  
Full standard:  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e57d8186-3ef0-4e5f-aa70-2227e3201bb/iso-prf-ts-80004-8>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2020

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8  
CH-1214 Vernier, Genève  
Tél.: +41 22 749 01 11  
E-mail: [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web: [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

Avant-propos.....	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 provenant d'autres parties de la série de normes ISO/TS 80004</b> .....	<b>1</b>
<b>4</b> <b>Termes relatifs aux aspects généraux</b> .....	<b>3</b>
<b>5</b> <b>Termes relatifs à l'assemblage dirigé</b> .....	<b>4</b>
<b>6</b> <b>Termes relatifs aux procédés d'auto-assemblage</b> .....	<b>5</b>
<b>7</b> <b>Termes relatifs à la synthèse</b> .....	<b>6</b>
7.1    Procédés en phase gazeuse — Méthodes physiques.....	6
7.2    Procédés en phase gazeuse — Méthodes chimiques.....	7
7.2.1    Procédés de synthèse par flamme.....	7
7.2.2    Autres termes.....	8
7.3    Procédés en phase liquide — Méthodes physiques.....	8
7.4    Procédés en phase liquide — Méthodes chimiques.....	9
7.5    Procédés en phase solide — Méthodes physiques.....	10
7.6    Procédés en phase solide — Méthodes chimiques.....	12
<b>8</b> <b>Termes relatifs à la fabrication</b> .....	<b>13</b>
8.1    Lithographie par structuration de nanomotifs.....	13
8.2    Procédés par dépôt.....	16
8.3    Procédés de gravure.....	19
8.4    Impression et revêtement.....	22
<b>Annexe A (informative) Identification des applications possibles des procédés de synthèse présentés</b> .....	<b>23</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>27</b>
<b>Index</b> .....	<b>28</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.

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.html](http://www.iso.org/iso/fr/avant-propos.html).

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 229, *Nanotechnologies*, en collaboration avec le Comité technique CEN/TC 352, *Nanotechnologie*, 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 80004-8:2013), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Une liste de toutes les parties de la série ISO/TS 80004 se trouve sur le site Web de l'ISO.

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

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 dirigées, 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 deuxième 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 du présent document ou dans des documents accompagnant la série de normes ISO/TS 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 technique bobine/bobine et autres techniques, seront inclus dans de futurs documents.

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

Le présent document se veut une introduction aux procédés 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 procédés 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'automobile;
- les plastiques et les céramiques;
- les produits forestiers et papetiers;
- l'alimentation et l'emballage alimentaire;

- l'industrie pharmaceutique, la biomédecine et les biotechnologies;
- l'assainissement 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 des 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 des énergies.

La plupart des articles du présent document sont organisés par type de procédés. Dans 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 procédé ne détermine pas la catégorisation du procédé. Par exemple, des particules de fer sont des catalyseurs pour un procédé dans lequel de l'hydrocarbure estensemencée par des particules de fer, l'hydrocarbure se vaporise puis se condense, formant des particules de carbone sur les particules de fer. Dans la mesure où l'hydrocarbure est l'élément qui se vaporise, il s'agit d'un procédé 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 procédé est caractérisé comme étant un procédé en phase gazeuse. L'[Annexe A](#) fournit des indications permettant d'établir si des procédés de synthèse sont utilisés ou non pour fabriquer des nano-objets, des nanoparticules ou les deux.

En outre, l'[Annexe A](#) identifie les procédés qui sont également applicables aux matériaux macroscopiques et qui ne sont donc pas exclusivement pertinents pour la nanofabrication. 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 norme BSI PAS 135<sup>[11]</sup>.

Le présent document fait partie d'un vocabulaire constitué de plusieurs parties et traitant des différents aspects des nanotechnologies.

# Nanotechnologies — Vocabulaire —

## Partie 8: Processus de nanofabrication

### 1 Domaine d'application

Le présent document définit une liste de termes liés aux procédés de nanofabrication dans le domaine des nanotechnologies.

Dans le présent document, tous les termes liés aux procédés se rapportent à la nanofabrication; cependant, bon nombre des procédés mentionnés ne se rapportent pas exclusivement à l'échelle nanométrique. Lorsque des termes sont non exclusifs à la nanofabrication, cela est indiqué dans leur définition. Selon que les conditions sont maîtrisables ou non, de tels procédés 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.

Des termes et définitions d'autres parties de la série de normes ISO/TS 80004 sont repris dans [l'Article 3](#) à des fins de contexte et d'une meilleure compréhension.

### 2 Références normatives

Le présent document ne contient aucune référence normative.

### 3 Termes et définitions provenant d'autres parties de la série de normes ISO/TS 80004

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

##### **nanotube de carbone**

##### **CNT (NTC)**

*nanotube* (3.9) 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]

#### 3.2

##### **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 (3.7) formées uniquement par précipitation ne sont pas considérés comme des nanocomposites.

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

### 3.3 nanofibre

*nano-objet* (3.5) ayant deux dimensions externes à l'échelle nanométrique (3.7) et la troisième dimension externe significativement plus grande

Note 1 à l'article: La plus grande des dimensions externes n'est pas nécessairement à l'échelle nanométrique.

Note 2 à l'article: Les termes «nanofibrille» et «nanofilament» peuvent également être utilisés.

Note 3 à l'article: La plus grande des dimensions externes n'est pas nécessairement à l'échelle nanométrique.

[SOURCE: ISO/TS 80004-2:2015, 4.5, modifiée — la Note 3 à l'article a été remplacée.]

### 3.4 nanomatériau

matériau ayant une dimension extérieure à l'échelle nanométrique (3.7) 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* (3.5) et les *matériaux nanostructurés* (3.8).

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

[SOURCE: ISO/TS 80004-1:2015, 2.4]

### 3.5 nano-objet

portion discrète de matériau dont une, deux ou les trois dimensions externes sont à l'échelle nanométrique (3.7)

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

[SOURCE: ISO/TS 80004-1:2015, 2.5, modifiée — la Note 1 à l'article a été remplacée.]

### 3.6 nanoparticule

*nano-objet* (3.5) dont toutes les dimensions externes sont à l'échelle nanométrique (3.7) et dont les longueurs du plus grand et du plus petit axes ne diffèrent pas de façon significative

Note 1 à l'article: Si les dimensions diffèrent de façon significative (généralement d'un facteur supérieur à 3), des termes tels que «nanofibre» ou «nanoplaque» peuvent être préférés au terme «nanoparticule».

[SOURCE: ISO/TS 80004-2:2015, 4.4]

### 3.7 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 sont principalement manifestes dans cette échelle de longueur.

[SOURCE: ISO/TS 80004-1:2015, 2.1]

### 3.8 matériau nanostructuré

matériau ayant une structure interne ou de surface à l'échelle nanométrique (3.7)

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* (3.5).



Note 2 à l'article: Adapté de l'ISO/TS 80004-1:2015, définition 2.7.

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

### 3.9

#### **nanotube**

*nanofibre* (3.3) creuse

[SOURCE: ISO/TS 80004-2:2015, 4.8]

## 4 Termes relatifs aux aspects généraux

### 4.1

#### **nanofabrication ascendante**

procédés qui utilisent de petites unités fondamentales à l'échelle *nanométrique* (3.7) afin de créer des structures ou assemblages de plus grande taille riches en fonctionnalités

### 4.2

#### **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 pulvérisation thermique* (8.2.16), le *dépôt électrolytique* (8.2.7) et le dépôt par sédimentation.

### 4.3

#### **comminution**

concassage ou *broyage* (7.5.6) afin de réduire la taille des particules

Note 1 à l'article: Le terme n'est pas exclusif à la nanofabrication.

### 4.4

#### **assemblage dirigé**

formation d'une structure guidée par une intervention extérieure à l'aide de composants à l'échelle *nanométrique* (3.7) qui peuvent, en principe, avoir n'importe quel motif défini

### 4.5

#### **auto-assemblage dirigé**

*auto-assemblage* (4.11) 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, un gabarit chimique ou structural, un gradient chimique ou un débit fluïdique.

### 4.6

#### **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 l'un des moyens suivants: transfert, impression ou écriture directe.

### 4.7

#### **dépôt multi-couches**

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

### 4.8

#### **nanoproduction**

ensemble des activités visant à élaborer intentionnellement des *nano-objets* (3.5) ou des *matériaux nanostructurés* (3.8)

**4.9 nanofabrication**  
synthèse, génération ou contrôle intentionnels de *nanomatériaux* (3.4), ou étapes de production à l'échelle *nanométrique* (3.7), à des fins commerciales

[SOURCE: ISO/TS 80004-1:2015, 2.11]

**4.10 procédés de nanofabrication**  
ensemble des activités visant à synthétiser, produire ou contrôler intentionnellement des *nanomatériaux* (3.4), ou des étapes de fabrication à l'échelle *nanométrique* (3.7), à des fins commerciales

[SOURCE: ISO/TS 80004-1:2015, 2.12]

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

**4.12 fonctionnalisation de surface**  
procédé chimique qui permet de créer sur une surface une fonctionnalité chimique ou physique définie

**4.13 nanofabrication descendante**  
procédés qui permettent de créer des structures à l'échelle *nanométrique* (3.7) à partir d'objets macroscopiques

## 5 Termes relatifs à l'assemblage dirigé

**5.1 assemblage par guidage électrostatique**  
utilisation d'une force électrostatique afin d'orienter ou introduire des éléments à l'échelle *nanométrique* (3.7) dans un dispositif ou un matériau

**5.2 alignement fluide**  
utilisation de l'écoulement d'un fluide afin d'orienter des éléments à l'échelle *nanométrique* (3.7) dans un dispositif ou un matériau

**5.3 assemblage hiérarchique**  
utilisation de plusieurs types de procédés de *nanofabrication* (4.9) afin de contrôler la structure à différentes échelles de longueur

**5.4 assemblage par guidage magnétique**  
utilisation d'une force magnétique pour créer un assemblage d'éléments/particules à l'échelle *nanométrique* (3.7) selon un motif ou une configuration souhaité(e)

**5.5 assemblage par forme**  
utilisation des formes géométriques de *nanoparticules* (3.6) afin d'obtenir un motif ou une configuration souhaité(e)

**5.6 assemblage supramoléculaire**  
utilisation d'une liaison chimique non covalente afin d'assembler des molécules ou des *nanoparticules* (3.6) avec des ligands de surface

## 5.7

**transfert entre surfaces**

transfert de *nanoparticules* (3.6) ou de structures depuis la surface d'un substrat, sur lequel elles ont été déposées, synthétisées ou assemblées, vers un autre substrat

## 6 Termes relatifs aux procédés d'auto-assemblage

## 6.1

**crystallisation colloïdale**

sédimentation de *nanoparticules* (3.6) à partir d'une solution contenant des *nano-objets* (3.5) ainsi que leurs agrégats et agglomérats (NOAA) pour former un solide constitué d'un groupement de particules formant un réseau de motifs répétés

Note 1 à l'article: Le terme n'est pas exclusif à la nanofabrication, mais a été adapté pour s'appliquer aux procédés de nanofabrication.

## 6.2

**grapho-épitaxie**

*auto-assemblage dirigé* (4.5) utilisant des caractéristiques topographiques à l'échelle *nanométrique* (3.7)

Note 1 à l'article: Ce procédé 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.

Note 2 à l'article: Le terme n'est pas exclusif à la nanofabrication, mais a été adapté pour s'appliquer aux procédés de nanofabrication.

## 6.3

**reconstruction de surface par faisceau d'ions**

utilisation d'un faisceau d'ions accélérés afin de provoquer une modification de surface qui peut être à l'échelle *nanométrique* (3.7)

Note 1 à l'article: Le terme n'est pas exclusif à la nanofabrication, mais a été adapté pour s'appliquer aux procédés de nanofabrication.

## 6.4

**formation d'un film de Langmuir-Blodgett**

création d'un film au niveau d'une interface air-liquide

## 6.5

**transfert d'un film de Langmuir-Blodgett**

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

## 6.6

**dépôt couche par couche****dépôt LBL (CPC)**

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

## 6.7

**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

Note 1 à l'article: Le terme n'est pas exclusif à la nanofabrication.