SPÉCIFICATION TECHNIQUE

# ISO/IEC TS 80004-13

Première édition
2017-09

# Nanotechnologies — Vocabulaire —

## Partie 13: Graphène et autres matériaux bidimensionnels

*Nanotechnologies — Vocabulary —*

*Part 13: Graphene and related two-dimensional (2D) materials*

Numéro de référence
ISO 80004-13:2017(F)

© ISO 2017



## DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2017, 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** ..... **iv**
**Introduction** ..... **v**
**1 Domaine d'application** ..... **1**
**2 Références normatives** ..... **1**
**3 Termes et définitions** ..... **1**
3.1 Termes relatifs aux matériaux ..... 1
3.1.1 Termes généraux relatifs aux matériaux bidimensionnels ..... 1
3.1.2 Termes relatifs au graphène ..... 3
3.1.3 Termes relatifs à d'autres matériaux bidimensionnels ..... 5
3.2 Termes relatifs à des méthodes de production de matériaux bidimensionnels ..... 5
3.2.1 Production de graphène et de matériaux bidimensionnels similaires ..... 5
3.2.2 Production de nanorubans ..... 8
3.3 Termes relatifs aux méthodes de caractérisation de matériaux bidimensionnels ..... 9
3.3.1 Méthodes de caractérisation structurelle ..... 9
3.3.2 Méthodes de caractérisation chimique ..... 11
3.3.3 Méthodes de caractérisation électrique ..... 12
3.4 Termes relatifs aux caractéristiques des matériaux bidimensionnels ..... 14
3.4.1 Caractéristiques et termes relatifs aux propriétés structurelles et dimensionnelles (tous les termes relatifs à la mécanique ont été supprimés au stade DIS) des matériaux bidimensionnels ..... 14
3.4.2 Caractéristiques et termes relatifs aux propriétés chimiques des matériaux bidimensionnels ..... 16
3.4.3 Caractéristiques et termes relatifs aux propriétés électriques et optiques des matériaux bidimensionnels ..... 17
**4 Symboles et termes abrégés** ..... **17**
**Bibliographie** ..... **18**
**Index** ..... **19**

© ISO 2017 – Tous droits réservés

# 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 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).

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/avant-propos.

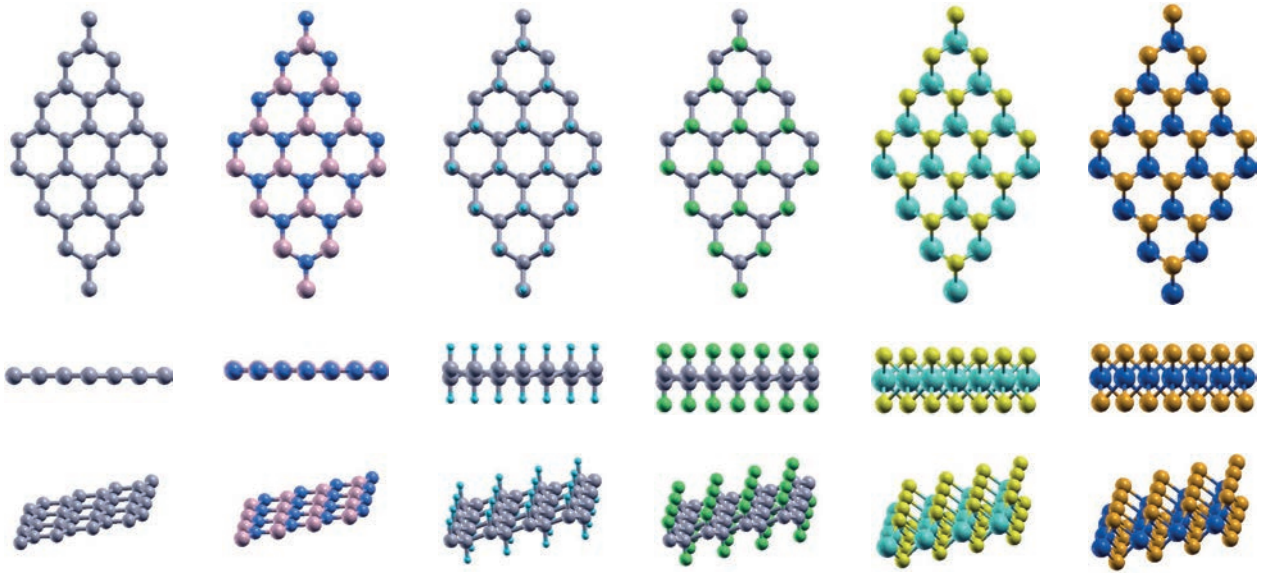
Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 229, *Nanotechnologies*, et le comité technique IEC/TC 113, *Nanotechnologies relatives aux appareils et systèmes électrotechnologiques*.

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


© ISO 2017 – Tous droits réservés

# Introduction

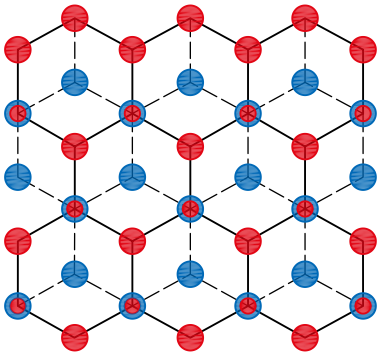
Au cours des dix dernières années, le graphène a suscité un intérêt considérable, aussi bien sur le plan scientifique que commercial, grâce aux nombreuses propriétés exceptionnelles qui lui sont associées, telles que la conductivité électrique et thermique. Plus récemment, d'autres matériaux disposant d'une structure similaire à celle du graphène ont également montrés des propriétés prometteuses, comme les versions monocouches et à quelques couches de la nitrure de bore hexagonal (H-BN), du disulfure de molybdène ($MoS_2$), du diséléniure de tungstène ($WSe_2$), du silicène et du germanène ainsi que les assemblages en couches de ces matériaux. L'épaisseur de ces matériaux est à l'échelle nanométrique ou inférieure et ils sont constitués d'une ou plusieurs couches. Ces matériaux sont par conséquent appelés matériaux bidimensionnels (2D) étant donné qu'une de leurs dimensions est à l'échelle nanométrique ou inférieure, tandis que les deux autres dimensions sont généralement à des échelles plus grandes. Un matériau à couches est constitué de couches bidimensionnelles empilées et faiblement liées ensembles pour former des structures tridimensionnelles. La Figure 1 montre des exemples de matériaux bidimensionnels et les différentes configurations d'empilement du graphène. Il convient de prendre note qu'en réalité les matériaux bidimensionnels ne sont pas nécessairement plats du point de vue topographique et peuvent avoir une structure courbée. Ils peuvent également former des agrégats et des agglomérats susceptibles d'avoir des morphologies différentes. Les matériaux bidimensionnels constituent un sous-ensemble important des nanomatériaux.



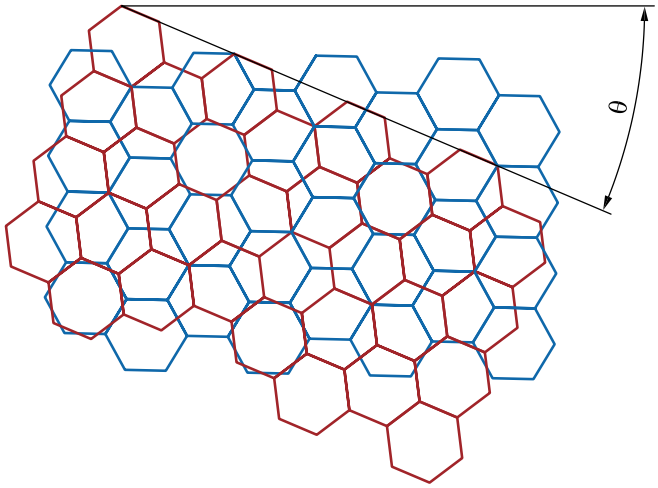
| graphène | H-BN | graphane | perfluorographane | $MoS_2$ | $WSe_2$ |
|---|---|---|---|---|---|

**a) Exemples de matériaux bidimensionnels différents constitués d'éléments et de structures différents, représentés par des sphères colorées et des vues de dessus et en coupe**

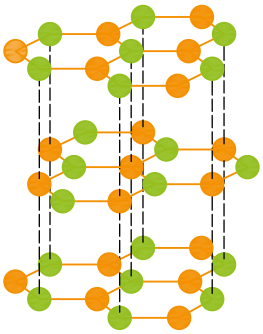
© ISO 2017 – Tous droits réservés



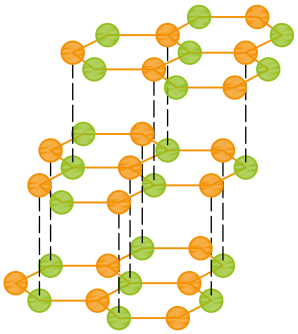
**b) Graphène bicouche en empilement de Bernal (3.1.2.6)**




**c) Graphène bicouche turbostratique ou bicouche désaxé avec un angle d'empilement relatif θ (3.1.2.7)**



**Tricouche ABA**



**Tricouche ABC**

**d) Graphène tricouche (3.1.2.9) en empilement Bernal (AB) (3.4.1.10) et graphène tricouche (3.1.2.9) en empilement rhomboédrique (ABC) (3.4.1.11)**

**Figure 1 — Exemples de matériaux bidimensionnels et des différentes configurations d'empilement des couches du graphène**

Il est important de normaliser au niveau international la terminologie pour le graphène, ses dérivés et les matériaux bidimensionnels connexes, étant donné que le nombre de publications, de brevets et d'organisations ne cessent d'augmenter. Par conséquent, la commercialisation et la vente de ces matériaux dans le monde entier demandent un vocabulaire associé.

Le présent document fait partie d'un vocabulaire constitué de plusieurs parties et traitant des différents aspects des nanotechnologies. Il tire parti des normes ISO/TS 80004-3, ISO/TS 80004-11 et ISO/TS 80004-6 et utilise des définitions existantes dans la mesure du possible.


© ISO 2017 – Tous droits réservés

# Nanotechnologies — Vocabulaire —

# Partie 13: Graphène et autres matériaux bidimensionnels

## 1 Domaine d'application

Le présent document énumère les termes et les définitions pour le graphène et les matériaux bidimensionnels (2D) similaires, et inclut les termes relatifs aux méthodes de production, aux propriétés et aux caractérisations.

Le présent document est destiné à faciliter la communication entre différents organismes et membres de la recherche, de l'industrie, d'autres parties intéressées, et leurs interlocuteurs.

## 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 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: disponible à l'adresse http://www.electropedia.org/

— ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse https://www.iso.org/obp

### 3.1 Termes relatifs aux matériaux

#### 3.1.1 Termes généraux relatifs aux matériaux bidimensionnels

**3.1.1.1**
**matériau bidimensionnel**
**matériau 2D**
matériau constitué d'une ou plusieurs *couches* (3.1.1.5), les atomes de chaque couche étant fortement liés aux atomes voisins sur cette même couche, possédant une dimension, son épaisseur, à l'échelle nanométrique ou inférieure et les deux autres dimensions généralement à des échelles plus grandes

Note 1 à l'article: Le nombre de couches nécessaires pour qu'un matériau bidimensionnel devienne un matériau massique varie en fonction du matériau mesuré et de ses propriétés. Dans le cas des *couches de graphène* (3.1.2.1), il s'agit d'un matériau bidimensionnel d'une épaisseur allant jusqu'à 10 couches pour les mesures électriques,[10] au-delà desquelles les propriétés électriques du matériau ne sont plus différentes de celles du matériau massique [également connu en tant que *graphite* (3.1.2.2)].

Note 2 à l'article: Une liaison intercouche est distincte et plus faible qu'une liaison intracouche.

Note 3 à l'article: Chaque couche peut contenir plus d'un élément.

Note 4 à l'article: Un matériau bidimensionnel peut être une *nanoplaque* (3.1.1.2).

© ISO 2017 – Tous droits réservés