



Spécification
technique

ISO/TS 80004-13

Nanotechnologies — Vocabulaire —

Partie 13:

**Graphène et autres matériaux
bidimensionnels (2D)**

Nanotechnologies — Vocabulary —

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

**Deuxième édition
2024-09**

iTeh Standards
(<https://standards.itih.ai>)
Document Preview

[ISO TS 80004-13:2024](https://standards.itih.ai/catalog/standards/iec/460c7460-2db4-473d1af5c-a868d724ab06/iso-ts-80004-13-2024)

<https://standards.itih.ai/catalog/standards/iec/460c7460-2db4-473d1af5c-a868d724ab06/iso-ts-80004-13-2024>

iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

[ISO TS 80004-13:2024](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/460c7460-2db4-473d-af5c-a868d724ab06/iso-ts-80004-13-2024)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/460c7460-2db4-473d-af5c-a868d724ab06/iso-ts-80004-13-2024>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2024

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
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

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 au graphène et à d'autres matériaux bidimensionnels | 1 |
| 3.1.2 Termes relatifs aux matériaux bidimensionnels similaires au graphène | 5 |
| 3.1.3 Termes relatifs à d'autres matériaux bidimensionnels | 8 |
| 3.2 Termes relatifs à des méthodes de production de matériaux bidimensionnels | 9 |
| 3.2.1 Production de graphène et de matériaux bidimensionnels similaires | 9 |
| 3.2.2 Production de nanorubans | 13 |
| 3.3 Termes relatifs aux méthodes de caractérisation de matériaux bidimensionnels | 14 |
| 3.3.1 Méthodes de caractérisation structurelle | 14 |
| 3.3.2 Méthodes de caractérisation chimique | 16 |
| 3.3.3 Méthodes de caractérisation électrique | 17 |
| 3.4 Termes relatifs aux caractéristiques des matériaux bidimensionnels | 19 |
| 3.4.1 Caractéristiques et termes relatifs aux propriétés structurelles et dimensionnelles des matériaux bidimensionnels | 19 |
| 3.4.2 Caractéristiques et termes relatifs aux propriétés chimiques des matériaux bidimensionnels | 21 |
| 3.4.3 Caractéristiques et termes relatifs aux propriétés électriques et optiques des matériaux bidimensionnels | 22 |
| 4 Symboles et termes abrégés | 23 |
| Bibliographie | 25 |
| Index | 26 |

<https://standards.iteh.ai>

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/460c7460-2db4-473d-af5c-a868d724ab06/iso-ts-80004-13-2024>

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) et l'IEC (Commission électrotechnique internationale) forment le système spécialisé de la normalisation mondiale. Les organismes nationaux membres de l'ISO ou de l'IEC participent au développement de Normes internationales par l'intermédiaire des comités techniques créés par l'organisation concernée afin de s'occuper des domaines particuliers de l'activité technique. Les comités techniques de l'ISO et de l'IEC collaborent dans des domaines d'intérêt commun. D'autres organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO et l'IEC, participent également aux travaux.

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. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives ou www.iec.ch/members_experts/refdocs).

L'ISO et l'IEC attirent l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'ISO et l'IEC ne prennent pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de propriété revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'ISO et l'IEC n'avaient pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse www.iso.org/brevets et <https://patents.iec.ch>. L'ISO et l'IEC ne sauraient être tenues pour responsables de ne pas avoir identifié tout ou partie de tels droits de propriété.

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 www.iso.org/iso/avant-propos. Pour l'IEC, voir www.iec.ch/understanding-standards.

Le présent document a été élaboré conjointement par le comité technique ISO/TC 229, *Nanotechnologies*, et le comité technique IEC/TC 113, *Nanotechnologies relatives aux appareils et systèmes électrotechnologiques*, et 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). Le projet a été soumis au vote des organismes nationaux de l'ISO et de l'IEC.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO/TS 80004-13:2017), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications sont les suivantes :

- ajout du terme « matériau bidimensionnel similaire au graphène (GR2M) » ;
- extension des termes définis pour inclure « renforcé », « modifié », « facilité » et « à base de », ainsi que leurs dérivés ;
- indication de l'utilisation déconseillée de certains termes.

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

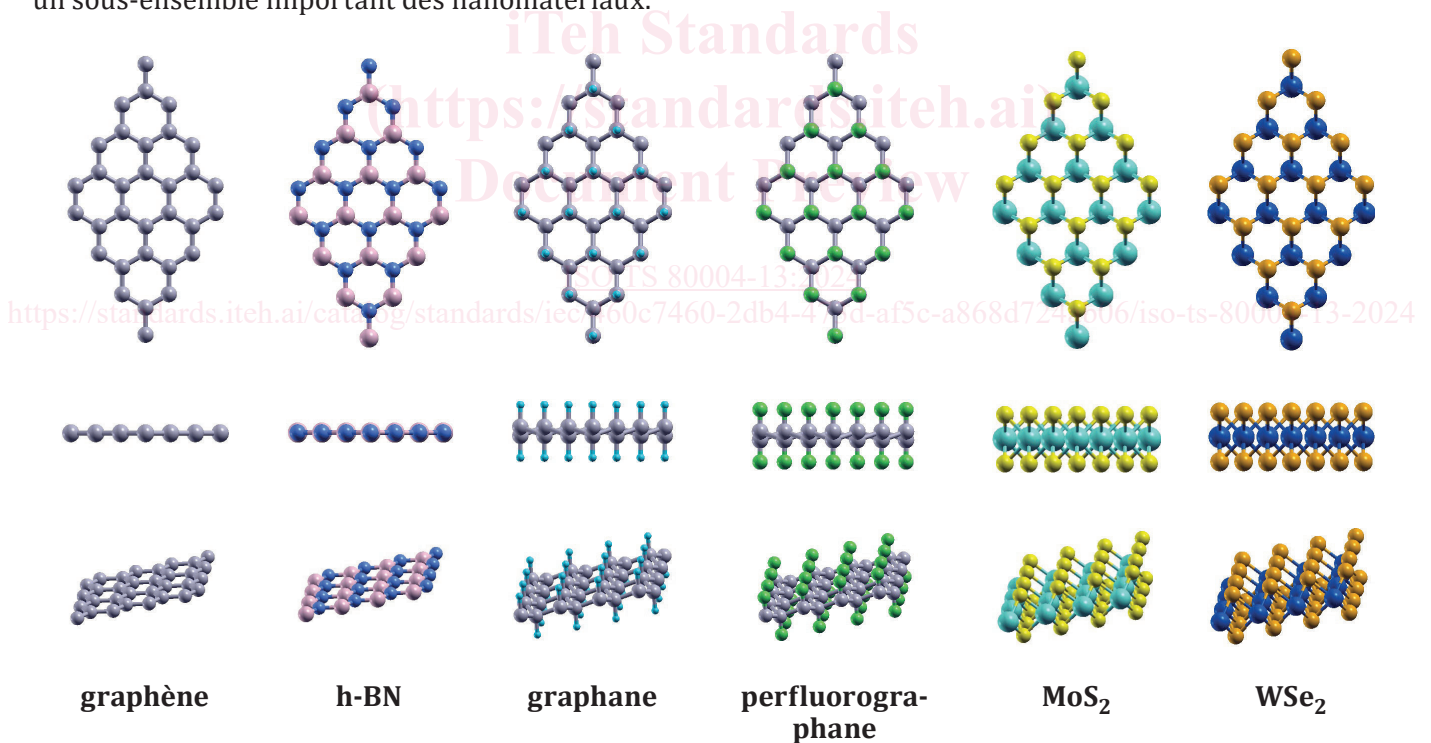
Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

Introduction

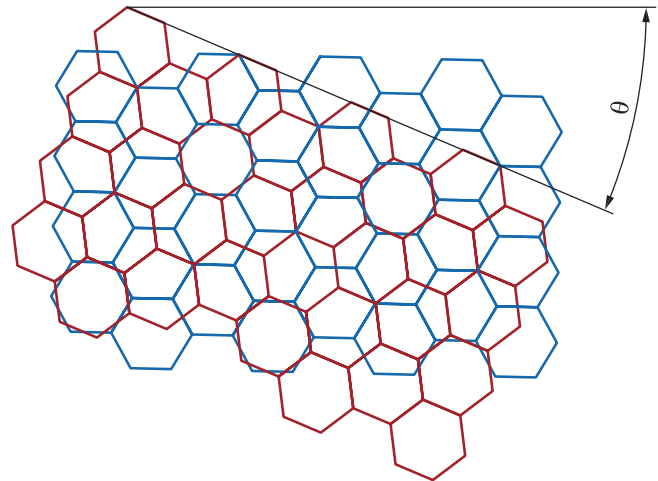
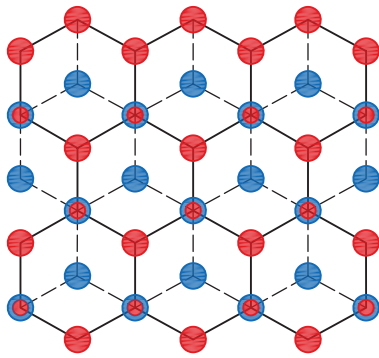
Au cours des dix dernières années, le graphène a suscité un intérêt considérable, aussi bien sur le plan scientifique que commercial, grâce aux nombreuses propriétés exceptionnelles qui lui sont associées, telles que la conductivité électrique et thermique. Plus récemment, d'autres matériaux disposant d'une structure similaire à celle du graphène ont également montré des propriétés prometteuses, y compris :

- les versions monocouches et à quelques couches du nitrure de bore hexagonal (h-BN) ;
- les dichalcogénures de métaux de transition tels que le disulfure de molybdène (MoS_2) et le diséléniure de tungstène (WSe_2) ;
- le silicène et le germanène ;
- les assemblages en couches de mélanges 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 ensemble pour former des structures tridimensionnelles. La [Figure 1](#) montre des exemples de matériaux bidimensionnels et les différentes configurations d'empilement du graphène. 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.

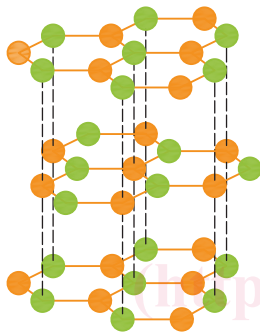


- Exemples de différents matériaux bidimensionnels constitués d'éléments et de structures différents, représentés par des sphères colorées et des vues de dessus et en coupe**

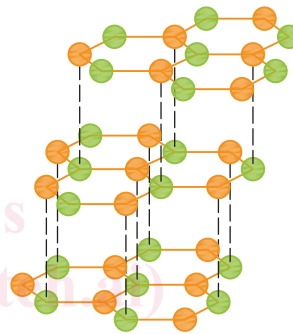


b) Graphène bicouche en empilement de Bernal (3.1.2.7)

c) Graphène bicouche turbostratique ou bicouche désaxé avec un angle d'empilement relatif (θ) (3.1.2.8)



Tricouche ABA



Tricouche ABC

d) Graphène tricouche (3.1.2.10) en empilement Bernal (AB) (3.4.1.12) et graphène tricouche (3.1.2.10) en empilement rhomboédrique (ABC) (3.4.1.13)

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

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

Le document contient des termes généraux relatifs aux matériaux bidimensionnels, au graphène et à d'autres matériaux bidimensionnels. Il fournit des termes relatifs aux méthodes couramment utilisées pour produire et caractériser les matériaux bidimensionnels, ainsi que des termes relatifs aux caractéristiques des matériaux bidimensionnels. Il comprend également des termes relatifs à la performance, tels que « renforcé en/au/à » et « facilité par », ainsi que des termes relatifs à la composition, tels que « à base de » et « modifié au/par », comme représenté à la Figure 2.

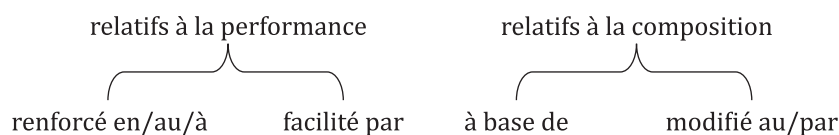


Figure 2 — Termes généraux permettant de décrire les matériaux bidimensionnels, divisés en deux catégories : termes relatifs à la performance et à la composition

ISO/TS 80004-13:2024(fr)

Le présent document fait partie d'un vocabulaire constitué de plusieurs parties et traitant des différents aspects des nanotechnologies. Il s'appuie sur les normes ISO 80004-1, ISO/TS 80004-3 et ISO/TS 80004-6 et utilise des définitions existantes dans la mesure du possible.

iTeh Standards (<https://standards.iteh.ai>) Document Preview

[ISO TS 80004-13:2024](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/460c7460-2db4-473d-af5c-a868d724ab06/iso-ts-80004-13-2024)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/460c7460-2db4-473d-af5c-a868d724ab06/iso-ts-80004-13-2024>

Nanotechnologies — Vocabulaire —

Partie 13: Graphène et autres matériaux bidimensionnels (2D)

1 Domaine d'application

Le présent document définit les termes relatifs au graphène, aux matériaux bidimensionnels (2D) connexes et aux autres matériaux 2D. Il inclut des termes liés aux méthodes de production, aux propriétés et à leur caractérisation.

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

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 <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia : disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>

3.1 Termes relatifs aux matériaux

3.1.1 Termes généraux relatifs au graphène et à d'autres matériaux bidimensionnels

3.1.1.1 matériau bidimensionnel matériau 2D

matériau constitué d'une ou plusieurs *couches* (3.1.1.8), 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 massif 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 massif [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* (3.1.1.5).

3.1.1.2

matériau bidimensionnel similaire au graphène

GR2M

DÉCONSEILLÉ: matériau à base de graphène, matériau au graphène *matériau bidimensionnel* (3.1.1.1) à base de carbone composé d'une à dix *couches* (3.1.1.8), comprenant du *graphène* (3.1.2.1), de *l'oxyde de graphène* (3.1.2.15), de *l'oxyde de graphène réduit* (3.1.2.16) et leurs variantes fonctionnalisées

Note 1 à l'article: Cela inclut le *graphène bicouche* (3.1.2.7), le *graphène tricouche* (3.1.2.10) et le *graphène à quelques couches* (3.1.2.11).

Note 2 à l'article: Les termes « matériau à base de graphène » et « matériau au graphène » sont déconseillés ici. Ils ont été utilisés pour décrire des matériaux autres que le graphène, tels que l'oxyde de graphène.

Note 3 à l'article: Le terme « matériau bidimensionnel similaire au graphène » est défini pour le différencier des matériaux à *base de graphène* (3.1.1.20) et à *base de GR2M* (3.1.1.21).

3.1.1.3

flocon

<matériau bidimensionnel> particule distincte de morphologie plane, constituée d'une ou plusieurs *couches* (3.1.1.8) de matériau, dont l'épaisseur à l'échelle nanométrique est nettement inférieure à ses dimensions latérales

3.1.1.4

feuille

<matériau bidimensionnel> *matériau bidimensionnel* (3.1.1.1) généralement situé sur un substrat, avec des dimensions latérales étendues de l'échelle micro à macroscopique

3.1.1.5

nanoplaque

nano-objet ayant une dimension externe à l'échelle nanométrique et les deux autres dimensions externes significativement plus grandes

Note 1 à l'article: Les dimensions externes les plus grandes ne sont pas nécessairement à l'échelle nanométrique.

[SOURCE: : ISO 80004-1:2023, 3.3.6]

[ISO TS 80004-13:2024](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/460c7460-2db4-473d-af5c-a868d724ab06/iso-ts-80004-13-2024)

3.1.1.6

nanofeuillet

nanofeuille

nanoplaque (3.1.1.5) dont les dimensions latérales sont étendues

Note 1 à l'article: Les termes « nanofeuillet » et « nanofeuille » sont utilisés comme des synonymes dans certaines industries.

Note 2 à l'article: Par rapport à une nanoplaque ou à un nanoflocon, un nanofeuillet et une nanofeuille sont plus étendus en termes de longueur et de largeur.

[SOURCE: : ISO 80004-1:2023, 3.3.6.2]

3.1.1.7

nanoruban

nanobande

nanoplaque (3.1.1.5) dont les deux plus grandes dimensions sont significativement différentes l'une de l'autre

[SOURCE: : ISO 80004-1:2023, 3.3.10]

3.1.1.8

couche

matériau discret limité dans une seule dimension, au sein ou à la surface d'une phase condensée

[SOURCE: : ISO 80004-1:2023, 3.6.2]

3.1.1.9

point quantique

nanoparticule ou région qui présente un confinement quantique dans les trois directions spatiales

[SOURCE: : ISO/TS 80004-12:2016, 4.1]

3.1.1.10

renforcé

<matériau bidimensionnel> qui présente une fonction ou une performance intensifiée ou améliorée par l'utilisation d'un *matériau bidimensionnel* ([3.1.1.1](#))

EXEMPLE Film renforcé à l'oxyde de graphène.

Note 1 à l'article: Dans les produits renforcés, le matériau bidimensionnel est généralement utilisé en faible concentration dans le produit.

Note 2 à l'article: Une utilisation type est par exemple : « Y renforcé en X » ou « Y renforcé au X », où X est le matériau bidimensionnel et Y est le produit.

Note 3 à l'article: Comparer avec à base de ([3.1.1.19](#)).

3.1.1.11

renforcé au graphène

qui présente une fonction ou une performance intensifiée ou améliorée par l'utilisation de *graphène* ([3.1.2.1](#))

EXEMPLE Cellules solaires renforcées au graphène.

Note 1 à l'article: Dans les produits renforcés au graphène, le graphène est généralement utilisé en faible concentration dans le produit.

Note 2 à l'article: Dans l'usage courant, ce terme est souvent utilisé à tort pour les *GR2M* ([3.1.1.2](#)) et pas uniquement pour le *graphène à couche unique* ([3.1.2.1](#)). Le terme correct est *renforcé en GR2M* ([3.1.1.12](#)) ou, par exemple, lorsqu'il s'agit de nanoplaquettes de graphène : renforcé en GNP.

Note 3 à l'article: Comparer avec à base de *graphène* ([3.1.1.20](#)).

3.1.1.12

renforcé en GR2M

DÉCONSEILLÉ: renforcé au graphène

qui présente une fonction ou une performance intensifiée ou améliorée par l'utilisation de *GR2M* ([3.1.1.2](#))

EXEMPLE Cellules solaires renforcées en GR2M.

Note 1 à l'article: Dans les produits renforcés en GR2M, un GR2M est généralement utilisé en faible concentration dans le produit.

Note 2 à l'article: Comparer avec à base de *GR2M* ([3.1.1.21](#)).

Note 3 à l'article: Le terme « renforcé au graphène » est déconseillé, car son utilisation ne s'applique qu'à l'utilisation du *graphène (à couche unique)* ([3.1.2.1](#)) comme défini en [3.1.1.11](#).

3.1.1.13

modifié

<matériau bidimensionnel> ajout intentionnel du *matériau bidimensionnel* indiqué ([3.1.1.1](#))

Note 1 à l'article: Une utilisation type est par exemple : « modifié au X » ou « modifié par X », où X est soit un matériau bidimensionnel spécifique, soit une classe de matériaux bidimensionnels.

Note 2 à l'article: L'utilisation de ce terme n'implique pas une amélioration de la propriété ou de la performance par l'utilisation du matériau bidimensionnel.