

DOCUMENT
INTERNATIONAL

OIML D 2
Édition consolidée 2007 (F)

Unités de mesure légales

Legal units of measurement



Sommaire

Avant-propos	3
Introduction	4
1 Dispositions générales	4
2 Unités SI	5
3 Multiples et sous-multiples décimaux des unités cohérentes du SI	10
4 Autres unités	11
Annexe A Unités de mesure et dénominations pouvant être utilisées provisoirement jusqu'à une date qui reste à fixer par les réglementations nationales, mais ne devant pas être introduites là où elles ne sont pas en usage	13
Annexe B Unités de mesure et dénominations à bannir dès que possible là où elles sont encore en usage et ne devant pas être introduites là où elles ne sont pas en usage	14
Bibliographie	15

Avant-propos

L'organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML) est une organisation intergouvernementale mondiale dont l'objectif principal est d'harmoniser les réglementations et contrôles métrologiques mis en œuvre par les services nationaux de métrologie, ou organismes apparentés, de ses Etats Membres. Les principales catégories de publication de l'OIML sont :

- **Les Recommandations Internationales (OIML R)**, qui sont des modèles de réglementations fixant les caractéristiques métrologiques d'instruments de mesure et les méthodes et moyens de contrôle de leur conformité ; les États Membres de l'OIML doivent, dans la mesure du possible, mettre en application ces Recommandations ;
- **Les Documents Internationaux (OIML D)**, qui sont de nature informative et destinés à harmoniser et à améliorer le travail dans le domaine de la métrologie légale ;
- **Les Guides Internationaux (OIML G)**, qui sont également de nature informative et qui sont destinés à donner des directives pour la mise en application à la métrologie légale de certaines exigences ; et
- **Les Publications de Base Internationales (OIML B)**, qui définissent les règles de fonctionnement des différentes structures et systèmes OIML.

Les projets de Recommandations, Documents et Guides OIML sont élaborés par des Groupes de Projets reliés aux Comités Techniques ou Sous-Comités Techniques composés de représentants d'États Membres de l'OIML. Certaines institutions internationales et régionales y participent également à titre consultatif. Des accords de coopération ont été conclus entre l'OIML et certaines institutions, telles que l'ISO et la CEI, pour éviter des prescriptions contradictoires. En conséquence, les fabricants et utilisateurs d'instruments de mesure, les laboratoires d'essais, etc. peuvent appliquer simultanément les publications OIML et celles d'autres institutions.

Les Recommandations Internationales, Documents, Guides et publications de base sont publiés en anglais (E), traduites en français (F) et sont révisés périodiquement.

De plus, l'OIML publie ou participe à la publication de **Vocabulaires (OIML V)** et mandate périodiquement des experts en métrologie légale pour rédiger des **Rapports d'Expert (OIML E)**. Les Rapports d'Expert sont destinés à fournir des informations et conseils, et reflètent uniquement le point de vue de leur auteur, en dehors de toute participation d'un Comité Technique ou d'un Sous-Comité Technique, ou encore de celle du CIML. Ainsi, ils ne reflètent pas nécessairement l'opinion de l'OIML.

Cette publication - référence OIML D 2, Édition consolidée de 2007 (F) - a été élaborée par le Comité technique TC 2 de l'OIML *Unités de mesure*. L'édition précédente (1999) a été approuvée par le Comité International de Métrologie Légale en 1996 et harmonisée avec la 7^{ème} édition du Système International d'Unités (1998, BIPM). La présente Édition 2007 consolide celle de 1999 (dans laquelle un certain nombre d'erreurs d'impression ont été constatées), l'Amendement 1 de 2004 et l'Amendement 2 de 2007. Il en résulte que cette Édition est alignée avec la 8^{ème} édition du Système international d'unités (2006, BIPM).

Les Publications de l'OIML peuvent être téléchargées depuis le site internet de l'OIML sous la forme de fichiers PDF. Des informations complémentaires sur les Publications OIML peuvent être obtenues au siège de l'Organisation :

Bureau International de Métrologie Légale
11, rue Turgot - 75009 Paris - France
Téléphone : 33 (0)1 48 78 12 82
Fax : 33 (0)1 42 82 17 27
E-mail : biml@oiml.org
Internet : www.oiml.org

Unités de mesure légales

Introduction

Le présent Document International a pour objet de faciliter la rédaction des réglementations nationales relatives aux unités de mesure légales.

Ce Document International est établi selon les principes suivants:

- 1 Le Système International d'Unités (SI), adopté par la Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM), sert de base aux réglementations nationales relatives aux unités de mesure légales.
- 2 En règle générale, il convient d'éliminer les unités autres que les unités SI; cependant, pour des raisons pratiques il est parfois nécessaire d'employer usuellement d'autres unités comme unités de mesure légales (par exemple, le kilowatt heure (kW · h)).
- 3 Celles des définitions du présent Document International qui ont été fixées ou ratifiées par la CGPM sont exactement reproduites. (Voir paragraphes 2.2.1, 2.2.6, 2.3.1, 2.3.5, 2.3.10, 2.3.11, 2.4.1, 2.5.1, 2.5.2, 2.5.3, 2.5.5, 2.5.7, 2.5.8, 2.5.9, 2.6.1, 2.7.2 et 2.7.4).

Pour les exigences de métrologie légale, d'autres définitions sont données ici dans leur forme la plus communément acceptée.

Le présent Document International est constitué des articles suivants:

1 Dispositions générales

Classification et domaines d'utilisation des unités de mesure légales.

2 Unités SI

Catalogue des unités SI. La liste des unités dérivées peut être complétée ou réduite si nécessaire.

3 Multiples et sous-multiples décimaux des unités SI cohérentes

Catalogue des préfixes SI. Règles de formation des multiples et sous-multiples décimaux des unités SI cohérentes au moyen des préfixes SI.

4 Autres unités

Liste des unités continuant à être utilisées pour des raisons pratiques (bien que hors Système International d'Unités), mais reconnues par le CIPM pour la plupart d'entre elles. Cette liste n'est pas normalisée sur le plan international mais il est souhaitable de la considérer comme restrictive afin de faciliter l'expansion du Système International d'Unités.

Annexe A

L'Annexe A donne la liste des unités de mesure et dénominations pouvant être utilisées provisoirement jusqu'à une date qui reste à fixer par les réglementations nationales, mais ne devant pas être introduites là où elles ne sont pas en usage.

Annexe B

L'Annexe B donne la liste des unités de mesure et dénominations à bannir dès que possible là où elles sont encore en usage et ne devant pas être introduites là où elles ne sont pas en usage.

Les listes des Annexes doivent être complétées suivant les besoins ou coutumes de chaque pays.

1 Dispositions générales

1.1 Les unités de mesure légales sont:

1.1.1 Les unités SI dénommées et définies aux articles 2 et 3.

1.1.2 Les autres unités dénommées et définies à l'article 4.

1.1.4 Les unités composées formées en combinant les unités indiquées aux paragraphes 1.1.1 et 1.1.2.

1.2 Les unités de mesure mentionnées dans les Annexes peuvent être utilisées jusqu'à des dates qui restent à fixer par les réglementations nationales ou régionales.

1.3 L'obligation d'utiliser les unités de mesure légales concerne:

- les instruments de mesure utilisés;
- les résultats des mesurages effectués;
- les indications des grandeurs exprimées en unités de mesure,

dans le secteur économique, dans les domaines de la santé et de la sécurité publiques, de l'enseignement, de la normalisation ainsi que dans les opérations à caractère administratif.

1.4 Le présent Document ne doit pas affecter l'utilisation des unités, hormis celles rendues ici obligatoires, fixées dans le cadre de conventions ou accords internationaux entre gouvernements dans les domaines de la navigation maritime et aérienne et du trafic ferroviaire.

1.5 Une unité de mesure légale peut être exprimée uniquement:

- soit par son nom légal ou son symbole légal spécifiés dans le présent Document,
- soit en utilisant des noms légaux ou des symboles légaux d'unités, combinés conformément aux définitions de l'unité concernée.

Il est interdit d'ajouter des adjectifs ou signes quelconques aux noms légaux ou symboles légaux d'unités. (Par exemple, la puissance électrique s'exprime en watts, W, et non en watts électriques, W_e).

1.6 Les symboles des unités sont imprimés en caractères droits. Ces symboles ne doivent pas être suivis d'un point; ils restent invariables au pluriel.

2 Unités SI

2.1 Dispositions générales

2.1.1 Les unités SI appartiennent au Système International d'Unités dont l'abréviation internationale est SI.

2.1.2 Les unités SI sont:

- un ensemble d'unités SI cohérentes
 - les unités de base;
 - les unités dérivées cohérentes.
- des multiples et des sous-multiples décimaux de cet ensemble.

2.1.3 Les noms et les symboles des unités de base sont respectivement:

		<i>Défini au paragraphe</i>	
Pour la longueur	le mètre	m	2.2.1
Pour la masse	le kilogramme	kg	2.3.1
Pour le temps	la seconde	s	2.2.6
Pour l'intensité de courant électrique	l'ampère	A	2.5.1
Pour la température thermodynamique	le kelvin	K	2.4.1
Pour la quantité de matière	la mole	mol	2.6.1
Pour l'intensité lumineuse	la candela	cd	2.7.2

2.1.4 Les unités dérivées sont exprimées algébriquement en termes d'unités de base au moyen des symboles mathématiques de multiplication et de division. Certaines unités dérivées sont désignées par des noms et symboles spéciaux.

2.1.5 Les noms et les symboles des unités dérivées sans dimension pour l'angle plan et l'angle solide sont respectivement:

		<i>Défini au paragraphe</i>	
Pour l'angle plan	le radian	rad	2.2.2
Pour l'angle solide	le stéradian	sr	2.2.3

Les noms et symboles de ces unités dérivées sans dimension peuvent être utilisés, mais pas nécessairement, dans les expressions d'autres unités dérivées SI, suivant les besoins (20^{ème} CGPM, 1995).

2.2 Espace et temps

2.2.1 Longueur: le mètre (symbole: m)

Le mètre est la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière pendant une durée de $1/299\,792\,458$ de seconde (17^{ème} CGPM, 1983).

2.2.2 Angle plan: le radian (symbole: rad)

Le radian est l'angle plan entre deux rayons d'un cercle, qui interceptent la circonférence un arc de longueur égale à celle du rayon.

$$1 \text{ rad} = \frac{1 \text{ m}}{1 \text{ m}} = 1$$

2.2.3 Angle solide: le stéradian (symbole: sr)

Le stéradian est l'angle solide d'un cône qui, ayant son sommet au centre d'une sphère, découpe sur la surface de cette sphère une aire égale à celle d'un carré ayant pour côté le rayon de la sphère.

$$1 \text{ sr} = \frac{1 \text{ m}^2}{1 \text{ m}^2} = 1$$

2.2.4 Aire: le mètre carré (symbole: m²)

Le mètre carré est l'aire d'un carré de 1 mètre de côté.

$$1 \text{ m}^2 = 1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m}$$

2.2.5 Volume: le mètre cube (symbole: m³)

Le mètre cube est le volume d'un cube de 1 mètre de côté.

$$1 \text{ m}^3 = 1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m}$$

2.2.6 Temps: la seconde (symbole: s)

La seconde est la durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133 (13^{ème} CGPM, 1967).

2.2.7 Fréquence: le hertz (symbole: Hz)

Le hertz est la fréquence d'un phénomène périodique de période égale à 1 seconde.

$$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$$

2.2.8 Vitesse angulaire: le radian par seconde (symbole: rad/s ou rad · s⁻¹)

Le radian par seconde est la vitesse angulaire d'un corps qui, animé d'un mouvement circulaire uniforme autour d'un axe fixe, tourne de 1 radian en 1 seconde.

$$1 \text{ rad/s} = \frac{1 \text{ rad}}{1 \text{ s}}$$

2.2.9 Accélération angulaire: le radian par seconde carrée (symbole: rad/s² ou rad · s⁻²)

Le radian par seconde carrée est l'accélération angulaire d'un corps, animé d'un mouvement circulaire uniformément varié autour d'un axe fixe, dont la vitesse angulaire varie de 1 radian par seconde en 1 seconde.

$$1 \text{ rad/s}^2 = \frac{1 \text{ rad/s}}{1 \text{ s}}$$

2.2.10 Vitesse: le mètre par seconde (symbole: m/s ou m · s⁻¹)

Le mètre par seconde est la vitesse d'un point qui, animé d'un mouvement uniforme, parcourt 1 mètre en 1 seconde.

$$1 \text{ m/s} = \frac{1 \text{ m}}{1 \text{ s}}$$

2.2.11 Accélération: le mètre par seconde carrée (symbole: m/s² ou m · s⁻²)

Le mètre par seconde carrée est l'accélération d'un corps, animé d'un mouvement uniformément varié, dont la vitesse varie de 1 mètre par seconde en 1 seconde.

$$1 \text{ m/s}^2 = \frac{1 \text{ m/s}}{1 \text{ s}}$$

2.3 Mécanique**2.3.1 Masse: le kilogramme (symbole: kg)**

Le kilogramme est l'unité de masse; il est égal à la masse du prototype international du kilogramme (3^{ème} CGPM, 1901).

2.3.2 Masse linéique, densité linéaire: le kilogramme par mètre (symbole: kg/m ou kg · m⁻¹)

Le kilogramme par mètre est la masse linéique d'un corps homogène de section uniforme, ayant une masse de 1 kilogramme et une longueur de 1 mètre.

$$1 \text{ kg/m} = \frac{1 \text{ kg}}{1 \text{ m}}$$

2.3.3 Masse surfacique: le kilogramme par mètre carré (symbole: kg/m² ou kg · m⁻²)

Le kilogramme par mètre carré est la masse surfacique d'un corps homogène d'épaisseur uniforme, ayant une masse de 1 kilogramme et une aire de 1 mètre carré.

$$1 \text{ kg/m}^2 = \frac{1 \text{ kg}}{1 \text{ m}^2}$$

2.3.4 Masse volumique: le kilogramme par mètre cube (symbole: kg/m³ ou kg · m⁻³)

Le kilogramme par mètre cube est la masse volumique d'un corps homogène ayant une masse de 1 kilogramme et un volume de 1 mètre cube.

$$1 \text{ kg/m}^3 = \frac{1 \text{ kg}}{1 \text{ m}^3}$$

2.3.5 Force: le newton (symbole: N)

Le newton est la force qui communique à une masse de 1 kilogramme l'accélération de 1 mètre par seconde, par seconde.

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m/s}^2$$

2.3.6 Moment de force (symbole: N · m)

Le moment d'une force par rapport à un point est égal au produit vectoriel d'un rayon vecteur quelconque allant de ce point à un point de la ligne d'action de la force, et de la force.

$$1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

2.3.7 Pression, contrainte: le pascal (symbole: Pa)

Le pascal est la pression uniforme qui, agissant sur une surface plane de 1 mètre carré, exerce perpendiculairement à cette surface une force totale de 1 newton. C'est aussi la contrainte uniforme qui, agissant sur une surface plane de 1 mètre carré, exerce sur cette surface une force totale de 1 newton.

$$1 \text{ Pa} = \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ m}^2}$$

2.3.8 Viscosité dynamique: le pascal seconde (symbole: Pa · s)

Le pascal seconde est la viscosité dynamique d'un fluide homogène dans lequel la vitesse varie uniformément dans une direction perpendiculaire à celle de l'écoulement avec une variation de 1 mètre par seconde sur une distance de 1 mètre, et dans lequel existe une contrainte de cisaillement de 1 pascal.

$$1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = \frac{1 \text{ Pa} \cdot 1 \text{ m}}{1 \text{ m/s}}$$

2.3.9 Viscosité cinématique: le mètre carré par seconde (symbole: m²/s ou m² · s⁻¹)

Le mètre carré par seconde est la viscosité cinématique d'un fluide dont la viscosité dynamique est égale à 1 pascal seconde et dont la masse volumique est égale à 1 kilogramme par mètre cube.

$$1 \text{ m}^2/\text{s} = \frac{1 \text{ Pa} \cdot \text{s}}{1 \text{ kg/m}^3}$$

2.3.10 Travail, énergie, quantité de chaleur: le joule (symbole: J)

Le joule est le travail effectué lorsque le point d'application d'une force de 1 newton se déplace d'une distance égale à 1 mètre dans la direction de la force.

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m}$$

2.3.11 Flux énergétique, flux thermique, puissance: le watt (symbole: W)

Le watt est la puissance qui donne lieu à une production d'énergie égale à 1 joule par seconde.

$$1 \text{ W} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ s}}$$

2.3.12 Débit volumique: le mètre cube par seconde (symbole: m³/s ou m³ · s⁻¹)

Le mètre cube par seconde est le débit volumique permettant à une substance ayant un volume de 1 mètre cube de traverser en 1 seconde la section considérée.

$$1 \text{ m}^3/\text{s} = \frac{1 \text{ m}^3}{1 \text{ s}}$$

2.3.13 Débit massique: le kilogramme par seconde (symbole: kg/s ou kg · s⁻¹)

Le kilogramme par seconde est le débit massique d'un écoulement uniforme permettant à une substance ayant une masse de 1 kilogramme de traverser en 1 seconde la section considérée.

$$1 \text{ kg/s} = \frac{1 \text{ kg}}{1 \text{ s}}$$

2.4 Chaleur

2.4.1 Température thermodynamique, intervalle de température: le kelvin (symbole: K)

Le kelvin, unité de température thermodynamique, est la fraction 1/273,16 de la température thermodynamique du point triple de l'eau (13^{ème} CGPM, 1967).

Note: En plus de la température thermodynamique (symbole T), exprimée en kelvins, on utilise aussi la température Celsius (symbole t) définie par l'équation:

$$t = T - T_0$$

où $T_0 = 273,15 \text{ K}$ par définition. Pour exprimer la température Celsius, on utilise l'unité "degré Celsius" (symbole: °C) qui est égale à l'unité "kelvin"; en ce cas, on utilise le nom spécial "degré Celsius" au lieu de "kelvin". Un intervalle ou une différence de température Celsius peut, cependant, être exprimé aussi bien en kelvins qu'en degrés Celsius.

2.4.2 Entropie: le joule par kelvin (symbole: J/K ou $J \cdot K^{-1}$)

Le joule par kelvin est l'augmentation de l'entropie d'un système recevant une quantité de chaleur de 1 joule à la température thermodynamique constante de 1 kelvin, à condition qu'aucun changement irréversible ne se produise dans le système.

$$1 \text{ J/K} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ K}}$$

2.4.3 Chaleur massique: le joule par kilogramme kelvin (symbole: J/(kg · K) ou $J \cdot \text{kg}^{-1} \cdot K^{-1}$)

Le joule par kilogramme kelvin est la chaleur massique d'un corps homogène à pression ou volume constants, ayant une masse de 1 kilogramme et dans lequel l'apport d'une quantité de chaleur de 1 joule produit une élévation de température de 1 kelvin.

$$1 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K}) = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ K}}$$

2.4.4 Conductivité thermique: le watt par mètre kelvin (symbole: W/(m · K) ou $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)

Le watt par mètre kelvin est la conductivité thermique d'un corps homogène dans lequel une différence de température de 1 kelvin entre deux plans parallèles d'une aire de 1 mètre carré et distants de 1 mètre, produit entre ces plans un flux thermique de 1 watt.

$$1 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K}) = \frac{1 \text{ W/m}^2}{1 \text{ K/m}}$$

2.5 Electricité et magnétisme

2.5.1 Intensité de courant électrique: l'ampère (symbole: A)

L'ampère est l'intensité d'un courant constant qui, maintenu dans deux conducteurs parallèles, rectilignes, de longueur infinie, de section circulaire négligeable et placés à une distance de 1 mètre l'un de l'autre dans le vide, produirait entre ces conducteurs une force égale à 2×10^{-7} newton par mètre de longueur (9^{ème} CGPM, 1948).

2.5.2 Quantité d'électricité, charge électrique: le coulomb (symbole: C)

Le coulomb est la quantité d'électricité transportée en 1 seconde par un courant de 1 ampère.

$$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ s}$$

2.5.3 Potentiel électrique, tension électrique, force électromotrice: le volt (symbole: V)

Le volt est la différence de potentiel électrique qui existe entre deux points d'un fil conducteur transportant un courant constant de 1 ampère, lorsque la puissance dissipée entre ces points est égale à 1 watt.

$$1 \text{ V} = \frac{1 \text{ W}}{1 \text{ A}}$$

2.5.4 Intensité de champ électrique: le volt par mètre (symbole: V/m)

Le volt par mètre est l'intensité d'un champ électrique exerçant une force de 1 newton sur un corps chargé d'une quantité d'électricité égale à 1 coulomb.

$$1 \text{ V/m} = \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ C}}$$

2.5.5 Résistance électrique: l'ohm (symbole: Ω)

L'ohm est la résistance électrique qui existe entre deux points d'un conducteur lorsqu'une différence de potentiel constante de 1 volt, appliquée entre ces deux points, produit, dans ce conducteur, un courant de 1 ampère, ce conducteur n'étant le siège d'aucune force électromotrice.

$$1 \Omega = \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ A}}$$

2.5.6 Conductance: le siemens (symbole: S)

Le siemens est la conductance d'un conducteur ayant une résistance électrique de 1 ohm.

$$1 \text{ S} = 1 \Omega^{-1}$$

2.5.7 Capacité électrique: le farad (symbole: F)

Le farad est la capacité d'un condensateur électrique entre les armatures duquel apparaît une différence de potentiel électrique de 1 volt, lorsqu'il est chargé d'une quantité d'électricité égale à 1 coulomb.

$$1 \text{ F} = \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ V}}$$

2.5.8 Inductance: le henry (symbole: H)

Le henry est l'inductance électrique d'un circuit fermé dans lequel une force électromotrice de 1 volt est produite lorsque le courant électrique qui parcourt le circuit varie uniformément à raison de 1 ampère par seconde.

$$1 \text{ H} = \frac{1 \text{ V} \cdot 1 \text{ s}}{1 \text{ A}}$$

2.5.9 Flux magnétique: le weber (symbole: Wb)

Le weber est le flux magnétique qui, traversant un circuit d'une seule spire, y produirait une force électromotrice de 1 volt, si on l'amenait à zéro en 1 seconde par décroissance uniforme.

$$1 \text{ Wb} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ s}$$

2.5.10 Densité de flux magnétique, induction magnétique: le tesla (symbole: T)

Le tesla est la densité de flux magnétique produite sur une surface de 1 mètre carré, par un flux magnétique uniforme de 1 weber de direction perpendiculaire à cette surface.

$$1 \text{ T} = \frac{1 \text{ Wb}}{1 \text{ m}^2}$$

2.5.11 Force magnétomotrice: l'ampère (symbole: A)

Une force magnétomotrice de 1 ampère est produite le long d'une courbe fermée quelconque qui entoure une seule fois un conducteur électrique parcouru par un courant électrique de 1 ampère.

2.5.12 Intensité de champ magnétique: l'ampère par mètre (symbole: A/m ou $\text{A} \cdot \text{m}^{-1}$)

L'ampère par mètre est l'intensité de champ magnétique produite dans le vide le long de la circonférence d'un cercle d'une circonférence de 1 mètre, par un courant électrique de 1 ampère, maintenu dans un conducteur rectiligne de longueur infinie, de section circulaire négligeable, formant l'axe du cercle mentionné.

$$1 \text{ A/m} = \frac{1 \text{ A}}{1 \text{ m}}$$

2.6 Chimie physique et physique moléculaire

2.6.1 Quantité de matière: la mole (symbole: mol)

2.6.1.1 La mole est la quantité de matière d'un système contenant autant d'entités élémentaires qu'il y a d'atomes dans 0,012 kilogramme de carbone 12 (14^{ème} CGPM, 1971).

2.6.1.2 Lorsqu'on emploie la mole, les entités élémentaires doivent être spécifiées et peuvent être des atomes, des molécules, des ions, des électrons, d'autres particules ou des groupements spécifiés de telles particules (14^{ème} CGPM, 1971).

2.6.2 Activité catalytique : katal (symbole: kat)⁽¹⁾

2.6.2.1 Le katal est l'activité d'un catalyseur qui produit un taux de conversion catalysée d'une mole de substrat par seconde.

2.6.2.2 Il est recommandé lorsque le katal est utilisé, de spécifier le mesurande par rapport à la procédure de mesurage ; la procédure de mesurage doit identifier la réaction de l'indicateur (21^{ème} CGPM, 1999).

$$1 \text{ kat} = \frac{1 \text{ mol}}{1 \text{ s}}$$

2.7 Rayonnement et lumière

2.7.1 Intensité énergétique: le watt par stéradian (symbole: W/sr ou $\text{W} \cdot \text{sr}^{-1}$)

Le watt par stéradian est l'intensité énergétique d'une source ponctuelle émettant uniformément un flux énergétique de 1 watt dans un angle solide de 1 stéradian.

$$1 \text{ W/sr} = \frac{1 \text{ W}}{1 \text{ sr}}$$

2.7.2 Intensité lumineuse: la candela (symbole: cd)

La candela est l'intensité lumineuse, dans une direction donnée, d'une source qui émet un rayonnement monochromatique de fréquence 540×10^{12} hertz et dont l'intensité énergétique dans cette direction est 1/683 watt par stéradian (16^{ème} CGPM, 1979).

2.7.3 Luminance: la candela par mètre carré (symbole: cd/m^2 ou $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$)

La candela par mètre carré est la luminance perpendiculaire à la surface plane de 1 mètre carré d'une source dont l'intensité lumineuse perpendiculaire à cette surface est égale à 1 candela.

$$1 \text{ cd/m}^2 = \frac{1 \text{ cd}}{1 \text{ m}^2}$$

⁽¹⁾ Spécialement pour les domaines de la médecine et de la biochimie.

2.7.4 Flux lumineux: le lumen (symbole: lm)

Le lumen est le flux lumineux émis dans un élément d'angle solide de 1 stéradian par une source ponctuelle uniforme ayant une intensité lumineuse de 1 candela.

$$1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} \cdot 1 \text{ sr}$$

2.7.5 Éclairement lumineux: le lux (symbole: lx)

Le lux est l'éclairement lumineux d'une surface recevant un flux lumineux de 1 lumen, uniformément réparti sur 1 mètre carré de la surface.

$$1 \text{ lx} = \frac{1 \text{ lm}}{1 \text{ m}^2}$$

2.8 Rayonnements ionisants

2.8.1 Activité (d'une source radioactive): le becquerel (symbole: Bq)

Le becquerel est l'activité d'une source radioactive pour laquelle le quotient de la valeur probable du nombre de transitions nucléaires spontanées ou de transitions isomériques par l'intervalle de temps pendant lequel ces transitions se produisent, tend vers la limite 1/s.

$$1 \text{ Bq} = \frac{1}{1 \text{ s}}$$

2.8.2 Dose absorbée, kerma: le gray (symbole: Gy)

Le gray est la dose absorbée, ou le kerma, dans un élément de matière de masse égale à 1 kilogramme, auquel l'énergie de 1 joule (dose absorbée) est communiquée par des rayonnements ionisants, ou dans lequel la somme des énergies cinétiques initiales égale à 1 joule est libérée par des particules chargées ionisantes (kerma), dans des conditions de fluence énergétique constante dans l'un ou l'autre cas.

$$1 \text{ Gy} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ kg}}$$

2.8.3 Équivalent de dose: le sievert (symbole: Sv)⁽²⁾

Le sievert est l'équivalent de dose dans un élément de tissu de masse égale à 1 kilogramme auquel une énergie de 1 joule est communiquée par des rayonnements ionisants dont la valeur du facteur de qualité (pondérant la dose absorbée pour l'impact biologique

des particules chargées produisant la dose absorbée) est égale à 1 et dont la fluence énergétique est constante.

$$1 \text{ Sv} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ kg}}$$

2.8.4 Exposition: le coulomb par kilogramme (symbole: C/kg ou C · kg⁻¹)

Le coulomb par kilogramme est l'exposition d'un rayonnement ionisant photonique qui peut produire, dans une quantité d'air de masse égale à 1 kilogramme, des ions de même signe portant une charge électrique totale de 1 coulomb lorsque tous les électrons (négatrons et positrons) libérés dans l'air par les photons sont complètement stoppés dans l'air, la fluence énergétique étant uniforme dans la quantité d'air considérée.

$$1 \text{ C/kg} = \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ kg}}$$

3 Multiples et sous-multiples décimaux des unités cohérentes SI

3.1 Les multiples et sous-multiples décimaux des unités cohérentes SI sont formés au moyen des facteurs numériques décimaux indiqués ci-dessous par lesquels l'unité SI cohérente concernée est multipliée.

3.2 Les noms des multiples et sous-multiples décimaux des unités SI sont formés au moyen des préfixes SI désignant des facteurs numériques décimaux.

Facteur	Préfixe SI	Symbole
1 000 000 000 000 000 000 000 000 = 10 ²⁴	yotta	Y
1 000 000 000 000 000 000 000 000 = 10 ²¹	zetta	Z
1 000 000 000 000 000 000 000 000 = 10 ¹⁸	exa	E
1 000 000 000 000 000 000 000 = 10 ¹⁵	peta	P
1 000 000 000 000 000 = 10 ¹²	tera	T
1 000 000 000 = 10 ⁹	giga	G
1 000 000 = 10 ⁶	mega	M
1 000 = 10 ³	kilo	k
100 = 10 ²	hecto	h
10 = 10 ¹	deca	da
0,1 = 10 ⁻¹	deci	d
0,01 = 10 ⁻²	centi	c
0,001 = 10 ⁻³	milli	m
0,000 001 = 10 ⁻⁶	micro	μ
0,000 000 001 = 10 ⁻⁹	nano	n
0,000 000 000 001 = 10 ⁻¹²	pico	p
0,000 000 000 000 001 = 10 ⁻¹⁵	femto	f
0,000 000 000 000 000 001 = 10 ⁻¹⁸	atto	a
0,000 000 000 000 000 000 001 = 10 ⁻²¹	zepto	z
0,000 000 000 000 000 000 000 001 = 10 ⁻²⁴	yocto	y

⁽²⁾ L'équivalent de dose, H , est le produit de Q et D en un point du tissu, où D est la dose absorbée et Q le facteur de qualité en ce point, soit $H = Q \cdot D$ (Rapport ICRU 51, 1993).

3.3 Un préfixe est considéré comme combiné au nom de l'unité auquel il est directement attaché.

3.4 Le symbole du préfixe doit être placé devant le symbole de l'unité sans espace intermédiaire; l'ensemble forme le symbole du multiple ou sous-multiple de l'unité. Le symbole du préfixe est donc considéré comme combiné au symbole de l'unité auquel il est directement attaché, formant avec lui un nouveau symbole d'unité qui peut être élevé à une puissance positive ou négative et qui peut être combiné à d'autres symboles d'unités pour former les symboles d'unités composées.

3.5 Les préfixes composés, formés par la juxtaposition de plusieurs préfixes SI, ne sont pas admis.

3.6 Les noms et les symboles des multiples et sous-multiples décimaux de l'unité de masse sont formés par l'adjonction des préfixes SI au mot "gramme" (symbole: g).

$$1 \text{ g} = 0,001 \text{ kg} = 10^{-3} \text{ kg}$$

3.7 Pour désigner des multiples et sous-multiples décimaux d'une unité dérivée exprimée sous forme d'une fraction, un préfixe peut être attaché indifféremment aux unités qui apparaissent soit dans le numérateur, soit dans le dénominateur, ou dans les deux à la fois. Il est généralement conseillé, en normalisation, de ne pas utiliser de préfixes dans le dénominateur.

4 Autres unités

4.1 Temps

4.1.1 la minute (symbole: min)

$$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$$

4.1.2 l'heure (symbole: h)

$$1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3\,600 \text{ s}$$

4.1.3 le jour (symbole: d)⁽³⁾

$$1 \text{ d} = 24 \text{ h} = 86\,400 \text{ s}$$

4.2 Angle plan

4.2.1 le degré (symbole: °)

$$1^\circ = \frac{\pi}{180} \text{ rad}$$

4.2.2 la minute (symbole: ')

$$1' = \left(\frac{1}{60}\right)^\circ = \frac{\pi}{10\,800} \text{ rad}$$

4.2.3 la seconde (symbole: ")

$$1'' = \left(\frac{1}{60}\right)' = \frac{\pi}{648\,000} \text{ rad}$$

4.2.4 le gon (symbole: gon)

$$1 \text{ gon} = \frac{\pi}{200} \text{ rad}$$

4.3 Volume

4.3.1 le litre (symbole: l ou L)

et les multiples et sous-multiples du litre formés conformément au paragraphe 3.2.

$$1 \text{ l} = 1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$$

4.4 Masse

4.4.1 la tonne (symbole: t)

et les multiples de la tonne formés conformément au paragraphe 3.2.

$$1 \text{ t} = 1 \text{ Mg} = 10^3 \text{ kg}$$

4.4.2 l'unité de masse atomique unifiée (symbole: u) est égale à 1/12 de la masse d'un atome du nucléide carbone 12.

Valeur approximative:

$$1 \text{ u} \approx 1,660\,540 \text{ yg} = 1,660\,540 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

Son utilisation est autorisée uniquement en chimie et en physique.

⁽³⁾ D'après le calendrier grégorien établi en 1582, l'année (a) comprend 365 jours avec une année bissextile de 366 jours tous les 4 ans, à l'exception des années séculaires dont il convient que seules celles qui sont exactement divisibles par 400 soient comptées comme années bissextiles.

4.5 Travail, énergie, quantité de chaleur

4.5.1 le watt-heure (symbole: W · h)

et les multiples et sous-multiples du watt-heure formés conformément au paragraphe 3.2.

$$1 \text{ W} \cdot \text{h} = 3,6 \text{ kJ} = 3,6 \times 10^3 \text{ J}$$

4.5.2 l'électronvolt (symbole: eV)

égal à l'énergie cinétique acquise par un électron en traversant une différence de potentiel de 1 volt dans le vide, et les multiples et sous-multiples de l'électronvolt formés conformément au paragraphe 3.2.

Valeur approximative:

$$1 \text{ eV} \approx 160,217 7 \text{ zJ} = 1,602 177 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Son utilisation est autorisée uniquement dans des domaines spécialisés.

4.6 Grandeurs logarithmiques

4.6.1 Niveau de champ, par exemple niveau de pression acoustique et décrétement logarithmique

Unités⁽⁴⁾: le neper (symbole: Np)^{(5) (6)}
le bel (symbole: B)⁽⁷⁾

$$L_F = \ln (F/F_0) = \ln (F/F_0) \text{ Np} = 2 \lg (F/F_0) \text{ B}$$

Le neper est le niveau d'une grandeur de champ F quand $F/F_0 = e$, où F_0 est une grandeur de référence du même type, soit:

$$1 \text{ Np} = \ln (F/F_0) = \ln e = 1$$

Le bel est le niveau d'une grandeur de champ F quand $F/F_0 = 10^{1/2}$, où F_0 est une grandeur de référence du même type, soit:

$$1 \text{ B} = \ln (F/F_0) = \ln 10^{1/2} \text{ Np} = (1/2) \ln 10 \text{ Np} = 2 \lg 10^{1/2} \text{ B}$$

4.6.2 Niveau de puissance, par exemple l'atténuation de puissance

Unités⁽⁴⁾: le neper (symbole: Np)^{(5) (6)}
le bel (symbole: B)⁽⁷⁾

$$L_p = (1/2) \ln (P/P_0) = (1/2) \ln (P/P_0) \text{ Np} = \lg (P/P_0) \text{ B}$$

Le neper est le niveau d'une grandeur de puissance P quand $P/P_0 = e^2$, où P_0 est une puissance de référence, soit:

$$1 \text{ Np} = (1/2) \ln (P/P_0) = (1/2) \ln e^2 = 1$$

Le bel est le niveau d'une grandeur de puissance P quand $P/P_0 = 10$, où P_0 est une puissance de référence, soit:

$$1 \text{ B} = (1/2) \ln (P/P_0) = (1/2) \ln 10 \text{ Np} = \lg 10 \text{ B}$$

⁽⁴⁾ En utilisant ces unités, il est particulièrement important que la grandeur soit spécifiée. L'unité doit être utilisée pour préciser la grandeur.

⁽⁵⁾ Le neper est cohérent avec le SI, mais n'est pas encore adopté par la CGPM en tant qu'unité SI.

⁽⁶⁾ Pour obtenir les valeurs numériques des grandeurs exprimées en nepers, il faut utiliser le logarithme naturel.

⁽⁷⁾ Pour obtenir les valeurs numériques des grandeurs exprimées en bels, il faut utiliser les logarithmes décimaux (logarithme en base 10). Le sous-multiple décibel est communément utilisé.

Annexe A

Unités de mesure et dénominations pouvant être utilisées provisoirement jusqu'à une date qui reste à fixer par les réglementations nationales, mais ne devant pas être introduites là où elles ne sont pas en usage

A.1 Aire

le barn (symbole: b)

$$1 \text{ b} = 100 \text{ fm}^2 = 10^{-28} \text{ m}^2$$

Son utilisation est autorisée uniquement dans les domaines de physique atomique et nucléaire.

A.2 Viscosité dynamique

le poise (symbole: P)

$$1 \text{ P} = 0,1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 10^{-1} \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

le centipoise (symbole: cP)

$$1 \text{ cP} = 1 \text{ mPa} \cdot \text{s} = 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

A.3 Viscosité cinématique

le stokes (symbole: St)

$$1 \text{ St} = 100 \text{ mm}^2/\text{s} = 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

le centistokes (symbole: cSt)

$$1 \text{ cSt} = 1 \text{ mm}^2/\text{s} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

A.4 Activité (d'une source radioactive)

le curie (symbole: Ci)

et les multiples et sous-multiples du curie formés conformément au paragraphe 3.2.

$$1 \text{ Ci} = 37 \text{ GBq} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

A.5 Dose absorbée

le rad (symbole: rad)

et les multiples et sous-multiples du rad formés conformément au paragraphe 3.2.

$$1 \text{ rad} = 0,01 \text{ Gy} = 10^{-2} \text{ Gy}$$

A.6 Exposition

le röntgen (symbole: R)

et les multiples et sous-multiples du röntgen formés conformément au paragraphe 3.2.

$$1 \text{ R} = 0,258 \text{ mC/kg} = 2,58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$$

A.7 Pression

le millimètre de mercure (symbole: mmHg)

$$1 \text{ mmHg} = 133,322 \text{ Pa}$$

Son utilisation est autorisée uniquement dans les domaines spécialisés.

le bar (symbole: bar)

et les multiples et sous-multiples du bar formés conformément au paragraphe 3.2.

$$1 \text{ bar} = 100 \text{ kPa} = 10^5 \text{ Pa}$$

A.8 Angle plan

révolution, tour (symbole: r)

$$1 \text{ r} = 2\pi \text{ rad}$$

A.9 Vergence des systèmes optiques

la dioptrie

$$1 \text{ dioptrie} = 1 \text{ m}^{-1}$$

A.10 Aire des surfaces agraires et des domaines

l'are (symbole: a)

$$1 \text{ a} = 100 \text{ m}^2 = 10^2 \text{ m}^2$$

l'hectare (symbole: ha)

$$1 \text{ ha} = 0,01 \text{ km}^2 = 10^4 \text{ m}^2$$

A.11 Le carat métrique (symbole: ct)⁽⁸⁾

$$1 \text{ ct} = 0,2 \text{ g} = 2 \times 10^{-4} \text{ kg}$$

Son utilisation est autorisée uniquement pour l'indication de la masse des perles et des pierres précieuses.

⁽⁸⁾ Le symbole "ct" n'est autorisé ni par le CIPM ni par l'ISO mais est communément utilisé.

Annexe B

Unités de mesure et dénominations à bannir dès que possible là où elles sont encore en usage et ne devant pas être introduites là où elles ne sont pas en usage

B.1 Longueur

l'ångström (symbole: Å)

$$1 \text{ Å} = 0,1 \text{ nm} = 10^{-10} \text{ m}$$

le pouce (symbole: in)

$$1 \text{ in} = 2,54 \text{ cm} = 2,54 \times 10^{-2} \text{ m}$$

B.2 Volume (économie forestière et commerce du bois)

le stère (symbole: st)

$$1 \text{ st} = 1 \text{ m}^3$$

B.3 Masse

le quintal (symbole: q)

$$1 \text{ q} = 100 \text{ kg} = 10^2 \text{ kg}$$

la livre (symbole: lb)

$$1 \text{ lb} = 453,592 \text{ g} = 0,453 \text{ 592 kg}$$

B.4 Force

le kilogramme-force (symbole: kgf);

le kilopond (symbole: kp)

et leurs multiples et sous-multiples décimaux.

$$1 \text{ kgf} = 1 \text{ kp} = 9,806 \text{ 65 N}$$

B.5 Pression

l'atmosphère normale (symbole: atm)

$$1 \text{ atm} = 101,325 \text{ kPa} = 1,013 \text{ 25} \times 10^5 \text{ Pa}$$

l'atmosphère technique (symbole: at)

$$1 \text{ at} = 98,066 \text{ 5 kPa} = 0,980 \text{ 665} \times 10^5 \text{ Pa}$$

le torr (symbole: Torr)

$$1 \text{ Torr} = \frac{101 \text{ 325}}{760} \text{ Pa}$$

le mètre d'eau (symbole: mH₂O)

$$1 \text{ mH}_2\text{O} = 9,806 \text{ 65 kPa} = 9,806 \text{ 65} \times 10^3 \text{ Pa}$$

B.6 Travail, énergie, quantité de chaleur

le kilogramme-force-mètre (symbole: kgf · m);

le kilopond-mètre (symbole: kp · m)

$$1 \text{ kgf} \cdot \text{m} = 1 \text{ kp} \cdot \text{m} = 9,806 \text{ 65 J}$$

la calorie (symbole: cal)

et ses multiples et sous-multiples décimaux.

$$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ 8 J}$$

B.7 Puissance

le cheval-vapeur

$$1 \text{ cheval-vapeur} = 0,735 \text{ 498 75 kW} = 735,498 \text{ 75 W}$$

B.8 Luminance

le stilb (symbole: sb)

$$1 \text{ sb} = 10 \text{ kcd/m}^2 = 10^4 \text{ cd/m}^2$$

Bibliographie

- Système International d'Unités,
8^{ème} édition, 2006, BIPM

- Série ISO 31 sur les Grandeurs et unités

- ISO 1000 Unités SI et recommandations pour
l'emploi de leurs multiples et de certaines
autres unités

